

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DE RAÍZES DE MANDIOCA DE  
MESA (*Manihot esculenta* Crantz) EM DIFERENTES DENSIDADES  
POPULACIONAIS E ÉPOCAS DE COLHEITA**

**EDUARDO BARRETO AGUIAR**

Engenheiro Agrônomo

Orientadora: **PqC. Dr.<sup>a</sup> Teresa Losada Valle**

Dissertação apresentada ao Instituto Agronômico para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical e Subtropical - Área de Concentração em Tecnologia da Produção Agrícola.

Campinas  
Estado de São Paulo  
Julho - 2003

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

A 93p

Aguiar, Eduardo Barreto

Produção e qualidade de mandioca de mesa (*Manihot esculenta* Crantz) em diferentes densidades populacionais e épocas de colheita / Eduardo Barreto Aguiar. – Campinas, 2003.

ii, 90 p.

Orientadora: Teresa Losada Valle

Dissertação (mestrado agricultura tropical e subtropical) – Instituto Agronômico de Campinas.

1. Mandioca – *Manihot esculenta* Crantz 2. Mandioca – Mesa. 3. Densidade populacional. 4. Mandioca – Épocas de colheitas. 5. Mandioca – Espaçamento. 6. Mandioca – Qualidade de produção. 7. Mandioca – Precocidade. 8. Mandioca - Ácido cianídrico.

CDD: 633.495

À meus pais Ana Maria e Eloel  
À meus irmãos Elza e Eloel Júnior  
À minha avó Elza

Dedico.

À meus avós Ângelo e Maria

*In memoriam*

## AGRADECIMENTOS

Ao IAC, por oferecer o curso de pós-graduação e a oportunidade de desfrutar dos conhecimentos gerados em sua história na antiga Seção de Raízes e Tubérculos.

A CAPES, pela bolsa de estudo concedida.

A FAPESP, pelo auxílio financeiro para realização das atividades experimentais.

A PqC. Dr.<sup>a</sup> Teresa Losada Valle, pela amizade, orientação constante durante todo o curso e conhecimentos necessários imprescindíveis à elaboração deste trabalho.

Ao PqC. Msc. José Osmar Lorenzi, pela amizade e conhecimentos transmitidos sobre a cultura da mandioca e auxílio no planejamento e condução deste trabalho.

A PqC. Dr.<sup>a</sup> Cássia Limonta Carvalho, pela amizade, orientação e dedicação dispensadas às análises laboratoriais.

Ao PqC. Eng.<sup>o</sup> Agr.<sup>o</sup> Hilário Miranda Filho, pela amizade, conhecimentos transmitidos e auxílio na discussão deste trabalho.

Ao PqC. Dr. Newton do Prado Granja, pela amizade e pelo auxílio necessários a elaboração e entendimento das curvas de resposta de produção do presente trabalho.

Ao PqC. Dr. Armando Conagin, da antiga Seção de Técnica Experimental do IAC pela colaboração e orientação nas análises estatísticas.

Ao PqC. Dr. Ricardo Augusto Dias Kanthack, diretor do Pólo de Desenvolvimento do Médio Paranapanema - APTA, pela estrutura disponibilizada à condução deste ensaio.

Ao PqC. Dr. Altino Aldo Ortolani, pela recepção e atenção durante o curso.

A Dr.<sup>a</sup> Gilda Santos Mühlen, pela colaboração nas análises de HCN.

Ao PqC. Dr. Orivaldo Brunini do Centro de Ecofisiologia e Biofísica do IAC, pelos dados meteorológicos.

Ao técnico agrícola Sidsnei Quinalha, pela amizade, auxílio no plantio, colheita e demais avaliações deste ensaio.

Aos funcionários do Centro de Horticultura, Júlio Marcelino e José Evangelista pela amizade e auxílio na preparação do ensaio.

Aos funcionários do Pólo de Desenvolvimento Regional do Vale do Paranapanema – APTA, em especial ao Sr. Pedro, Sr. José Valmido e Sr. Júlio.

Ao Fernando Vinicius Armas Vega, pela amizade e companheirismo durante o curso.

Ao amigo Daniel Macedo Abbud, pelo auxílio com o modelo trapezoidal.

A bibliotecária Alessandra Karine, pelo auxílio com as referências bibliográficas.

Aos colegas de turma Eduardo L. Alfonsi, Rogério S. Borges, Cristina Q. Fuji, Márcio Meleiro e Ronaldo T. Araújo e Milton F. Moraes, pelo incentivo e amizade.

## SUMÁRIO

|  |     |
|--|-----|
| RESUMO .....   | xii |
| ABSTRACT .....   | x   |
| 1. INTRODUÇÃO .....  | 1   |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA .....                             | 3   |
| 2.1. Épocas de plantio .....                               | 3   |
| 2.2. Épocas de colheita .....                              | 4   |
| 2.3. Densidades de plantio.....                            | 6   |
| 2.3.1. Efeitos na produção .....                           | 6   |
| 2.3.2. Índice de área foliar .....                         | 10  |
| 2.3.3. Qualidade da produção .....                         | 10  |
| 2.3.4. Índice de colheita.....                             | 12  |
| 2.3.5. Teores de cianoglicosídeos .....                    | 13  |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS .....                                | 17  |
| 3.1. Cultivar.....   | 17  |
| 3.2. Caracterização da área experimental.....              | 17  |
| 3.3. Tratamentos.....                                      | 19  |
| 3.4. Instalação e condução do experimento.....             | 19  |
| 3.5. Delineamento experimental.....                        | 21  |
| 3.6. Parâmetros avaliados.....                             | 22  |
| 3.6.1. Produção total, número e peso médio de raízes ..... | 22  |
| 3.6.2. Produção e diâmetro de raízes comerciais.....       | 23  |
| 3.6.3. Índice de colheita.....                             | 23  |
| 3.6.4. Conteúdo cianogênico .....                          | 24  |
| 3.7. Análise dos dados.....                                | 25  |

|   |    |
|---|----|
| 3.7.1. Análise da variância .....                         | 25 |
| 3.7.2. Modelo de ajuste.....                              | 26 |
| 3.7.2.1. Ajuste inicial no espaço .....                   | 27 |
| 3.7.2.2. Ajuste final no tempo .....                      | 27 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                           | 29 |
| 4.1. Produção total de raízes.....                        | 30 |
| 4.1.1. Modelo de ajuste.....                              | 31 |
| 4.1.2. Produção total de raízes por planta.....           | 33 |
| 4.1.3. Produção total de raízes por unidade de área ..... | 39 |
| 4.2. Produção comercial de raízes .....                   | 47 |
| 4.2.1. Modelo de ajuste.....                              | 48 |
| 4.2.2. Produção comercial por planta .....                | 50 |
| 4.2.3. Produção comercial por hectare .....               | 56 |
| 4.3. Qualidade da produção de raízes.....                 | 61 |
| 4.3.1. Número de raízes .....                             | 61 |
| 4.3.2. Massa média de raízes .....                        | 64 |
| 4.3.3. Diâmetro de raízes .....                           | 68 |
| 4.3.4. Conteúdo cianogênico .....                         | 74 |
| 4.4. Índice de colheita .....                             | 77 |
| 5. CONCLUSÕES .....                                       | 81 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                        | 82 |

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DE RAÍZES DE MANDIOCA DE  
MESA (*Manihot esculenta* Crantz) EM DIFERENTES DENSIDADES  
POPULACIONAIS E ÉPOCAS DE COLHEITA**

**RESUMO**

Em cultivos tradicionais de mandioca de mesa, bons rendimentos, em termos de quantidade e qualidade da produção de raízes, só são obtidas após dez meses de ciclo. Colheitas antecipadas poderiam auxiliar a otimização do uso do solo e propiciar o fornecimento contínuo do produto aos mercados. Considerando que plantas submetidas a menor competição apresentam maior produção individual, o objetivo deste trabalho é o de avaliar o manejo da densidade populacional como instrumento para a produção precoce de raízes com boa qualidade comercial. Foram avaliadas, sete densidades populacionais variando de 5.000 a 20.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, colhidas aos seis, oito, dez, doze, quatorze e dezesseis meses após o plantio. Para tal foi utilizado o cultivar IAC 576-70 que representa quase a totalidade das áreas cultivadas com mandioca de mesa no Estado de São Paulo. Em termos de produção total de raízes, as maiores produtividades foram obtidas com as maiores densidades, cerca de 23.000 kg.ha<sup>-1</sup> aos doze meses, porém a qualidade da produção caiu drasticamente, produzindo raízes pequenas e com diâmetro reduzido, gerando grandes porcentagens de descarte. Todavia, para a produção de raízes comerciais, as menores densidades proporcionaram as maiores produtividades cerca de 15.000 kg.ha<sup>-1</sup> aos doze meses, em função do maior desenvolvimento das raízes, gerando uma reduzida taxa de descarte. Efeitos significativos com o aumento das

densidades de plantio foram observados ocasionando decréscimos no número de raízes por planta, de 12 para 6 raízes entre as densidades de 5.000 e 20.000 plantas.ha<sup>-1</sup> respectivamente. Foram observados aumentos no peso médio e diâmetro de raízes com acréscimos de 70 % e 13% entre a densidade de 20.000 e 5.000 plantas.ha<sup>-1</sup>. Os teores de cianoglicosídeos variaram em função das idades de colheita, observando-se reduções lineares entre as colheitas realizadas (seis a dezesseis meses). Os dados apresentados confirmam a hipótese de que o manejo racional das densidades populacionais promove bons rendimentos, com boa qualidade comercial, proporcionando maior economicidade, mesmo em colheitas precoces.

**Palavras chave:** Manihot esculenta Crantz, mandioca, mandioca de mesa, densidade de plantio, espaçamento, épocas de colheita, rendimento comercial, índice de colheita, cianoglicosídeos, precocidade.

**YIELD AND ROOT QUALITY IN THE SWEET CASSAVA CROP**  
*(Manihot esculenta)*

population. With 5000 plants.ha<sup>-1</sup>, the average number was twelve roots per plant, going to six, with 20000 plants.ha<sup>-1</sup>. The effects on the average weight of the roots and on the average diameter of the roots were also significant. With the decrease in the plant density from 20000 plants.ha<sup>-1</sup> to 5000 plants.ha<sup>-1</sup>, these parameters increased 70% and 13%, respectively. The cyanogenic glucoside content decreased linearly with the increase of the growing cycle. Those data support the hypothesis that the rational handling of plant densities may give high yields of higher quality roots of sweet cassava even in earlier harvests.

**Key words:** *Manihot esculenta* Crantz, cassava, sweet cassava, plant density, spacing, harvest dates, marketable yield, harvest index, cyanogenic glucosides, earliness.

## 1. INTRODUÇÃO

A mandioca destinada ao comércio “in natura”, conhecida também por mandioca de mesa, macaxeira ou aipim é considerada um produto hortícola, em virtude de suas peculiaridades de cultivo e por ser comercializada juntamente com as demais hortaliças. Recebe preço maior que a mandioca destinada a fins industriais para a confecção de farinhas, féculas, polvilhos entre outros produtos. Sua comercialização normalmente é realizada em caixas de 23 kg enquanto as mandiocas industriais têm seu preço cotado em tonelada de raízes.

Por se tratar de uma planta de origem brasileira, é encontrada em todo o território, sendo explorada desde extensas áreas, embora normalmente inferiores das destinadas a fins industriais, até pequenos roçados, ou mesmo, em áreas urbanas, nos fundos de quintal para o consumo familiar.

A mandioca é excelente fonte de calorías, ocupando local de destaque entre as culturas exploradas nos países tropicais. É amplamente consumida pelos brasileiros, tendo grande importância como cultura de subsistência principalmente nas regiões mais carentes do país.

Além da comercialização “in natura” praticada nas centrais de comercialização de hortifrutigranjeiros, nos supermercados, nas feiras e comércios informais, o mercado de mandioca de mesa vem crescendo nos últimos anos com o advento de novas formas de comercialização, a partir do surgimento de indústrias de congelados e pré-cozidos congelados, que oferecem um produto de qualidade disponível o ano todo, e de boa aceitação por parte dos consumidores. Estas novas formas de comercialização vêm promovendo a sofisticação dos mercados de mandioca de mesa, cada vez mais exigentes em um produto de boa qualidade disponível o ano todo.

As mandiocas de mesa caracterizam-se por possuírem baixos teores de cianoglicosídeos (HCN) e apresentam boas qualidades sensoriais e culinárias, ambas

extremamente influenciadas pelas condições ambientais e práticas culturais. Quando destinadas a mercados organizados são exigidas características como o tamanho, a forma e a uniformidade das raízes. A cor da polpa das raízes, variando de branca a amarela quando cozidas, é importante obedecendo as preferências dos mercados locais, sendo as raízes de polpa amarela de maior procura pelos consumidores.

A Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais do Estado de São Paulo (CEAGESP) é o principal mercado de mandioca no Estado. Pratica preços diferenciados no atacado e no varejo, para as raízes classificadas como graúdas, médias e miúdas. As raízes classificadas como graúdas são melhor remuneradas, recebendo quase o dobro dos valores pagos as raízes classificadas como miúdas.

As mandiocas de mesa são colhidas normalmente com 10 a 12 meses de ciclo, quando apresentam produtividade satisfatória, com um bom desenvolvimento das raízes.

O fornecimento do produto aos mercados é sazonal, concentrando-se nos meses de abril a agosto, período mais frio e seco no Estado de São Paulo. Esta época coincide com o período de repouso fisiológico das plantas, onde as raízes apresentam os maiores teores de matéria seca e melhor qualidade culinária.

As raízes de mandioca apresentam rápida perecibilidade pós-colheita, exigindo agilidade na comercialização para atender às exigências de mercado. Nos períodos de abril e agosto, devido às baixas temperaturas e ao alto teor de matéria seca, as raízes apresentam uma deterioração mais lenta, propiciando um maior tempo de prateleira.

O manejo das densidades populacionais promove grandes alterações no desenvolvimento das plantas, sendo que o ajuste ideal além de pouco estudado não é utilizado pelos agricultores que desconhecem suas vantagens.

Plantas cultivadas de forma mais adensada, embora possam propiciar maiores produtividades, apresentam raízes de tamanho reduzido, comprometendo a qualidade comercial. Quando submetidas as menores densidades de plantio, as raízes além de desenvolverem-se de forma mais acelerada apresentam maior desenvolvimento individual proporcionando maior qualidade comercial.

O presente estudo tem por objetivo avaliar o manejo da densidade populacional para a produção precoce de raízes com boa qualidade comercial.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Épocas de plantio

De forma semelhante às demais culturas, a época de plantio para mandioca é de extrema importância, pois dela depende, juntamente com outros fatores, o bom desenvolvimento da cultura e seu rendimento.

A época de plantio adequada para mandioca é o período onde são supridas as condições necessárias à brotação e enraizamento das manivas (NORMANHA E PEREIRA, 1950). Tais condições, principalmente temperatura e umidade, variam muito no decorrer do ano, existindo períodos favoráveis e desfavoráveis ao plantio. Os mandiocais são plantados quando ocorrem precipitações suficientes para garantir a brotação das manivas e o desenvolvimento inicial das plantas. Uma vez emergidas as plantas toleram a seca de maneira bastante razoável. Caso ocorram longos períodos de estiagem logo após o plantio, a brotação e enraizamento das manivas podem ser prejudicadas, ocasionando falhas no estande e acentuadas quedas na produção (DIAS E MARTINEZ, 1986; NORMANHA, 1941).

A mandioca, de mesa ou industrial são cultivadas em toda a extensão territorial brasileira, que apresenta grandes variações climáticas. Nestas diferentes regiões, as condições necessárias para a instalação da cultura, nem sempre se encontram no mesmo período do ano, o que não permite a adoção de uma época de plantio generalizada.

No Sul do país o plantio se dá no início das chuvas, por volta de outubro, limitando o cultivo no inverno devido às baixas temperaturas. Na Região Central, o plantio é mais comum no início das chuvas no verão, porém o fator limitante para esta prática em outras épocas é a escassez de chuvas no inverno. No Nordeste particularmente na faixa dos tabuleiros costeiros, planta-se em abril - maio, no início das chuvas. Na Região Amazônica, as condições de pluviosidade permitem o plantio praticamente o ano todo (LORENZI E MONTEIRO 1980).

O Estado de São Paulo localiza-se em uma zona de transição climática apresentando dois períodos distintos em um ano: um período quente e chuvoso, de setembro a março, com precipitações mensais em torno de 50 a 200 mm, temperaturas em torno de 20 a 30 °C, e outro período mais frio e seco, de abril a agosto, com chuvas de 10 a 50 mm mensais (NORMANHA e PEREIRA 1962).

Em ensaio realizado com diferentes épocas de plantio no estado de São Paulo (NORMANHA E PEREIRA, 1950), os melhores resultados foram obtidos nos plantios efetuados em maio, junho e julho, desde que ocorram precipitações necessárias a brotação das manivas, comparados aos plantios convencionais, realizados na época no início do período chuvoso, por volta do mês de outubro. É comum ainda, em plantios realizados em outubro a ocorrência de problemas fitossanitários e operacionais como a maior incidência da larva dos brotos (*Neosilba perezii* ROMERO AND RUPPEL) favorecendo a propagação da bacteriose (*Xanthomonas axonopodis* pv. *mahotis* Vauterin et al.), maiores dificuldades no controle do mato, e maiores perdas por erosão (LORENZI E DIAS, 1993).

Plantios antecipados podem aumentar o rendimento e acumulação de matéria seca nas raízes tuberosas (ENYI, 1972a). Acréscimos na produção também foram obtidos com a antecipação do plantio no Paraná, que normalmente é realizado no início das chuvas (TAKAHASHI et al., 2002; TAKAHASHI E GONÇALO, 2001).

Em algumas localidades do Centro-Oeste do Brasil, os plantios de mandioca de mesa são realizados em dois períodos, de março a maio e setembro a novembro, final e início das chuvas respectivamente. Nos períodos de dezembro a fevereiro os plantios não são realizados em função da ocorrência de doenças, principalmente bacteriose e dificuldades no controle do mato, e de julho a agosto devido à ausência de umidade necessária para brotação das manivas (OTSUBO et al., 2001).

## **2.2 Épocas de colheita**

A cultura da mandioca não apresenta um período específico para a colheita, podendo ser colhida de acordo com as necessidades do produtor. Todavia, seu processamento deve ocorrer em até 72 horas após a colheita, devido às transformações

enzimáticas e à ação de microorganismos, que ocorrem em suas raízes comprometendo a qualidade (LORENZI, 1993).

Excetuando as regiões onde ocorrem precipitações pluviométricas durante todo ano, a melhor época de colheita, considerando o estágio fisiológico, encontra-se no período em que as plantas apresentam-se total ou parcialmente desfolhadas, antes que se iniciem as novas brotações (DIAS E MARTINEZ, 1986; LORENZI, 1993; MATTOS, 2002; NORMANHA E PEREIRA, 1962). Nestes períodos, em consequência do maior acúmulo de fotoassimilados decorrente do encerramento do ciclo vegetativo, as raízes encontram-se com maior teor de matéria seca e amido, promovendo maiores rendimentos.

As mandiocas plantadas em outubro, no Estado de São Paulo, podem ser colhidas no ano seguinte, com um ciclo vegetativo, destinando-se para mesa ou para a indústria (NORMANHA E PEREIRA, 1948). Nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, as colheitas são realizadas durante o ano todo, para atender o consumo e à comercialização nas feiras livres (MATTOS, 2002). Populações ideais para mandioca, quanto à produção de raízes, podem variar com a idade em que as plantas são colhidas (COCK et al. 1977).

O período de maior acúmulo de matéria seca nas raízes, maio a agosto nas condições do Estado de São Paulo, coincide com a maturidade das ramas que se encontram prontas para serem armazenadas para plantio posterior ou mesmo para o plantio imediato (LORENZI E DIAS, 1993).

Em cultivos destinados a fins industriais, as colheitas podem ser realizadas com um ou dois ciclos. Colheitas com dois ciclos podem acarretar maiores rendimentos, comparadas a colheitas realizadas com um ciclo (LORENZI E DIAS, 1993).

Em se tratando de cultivos de mandioca de mesa, as colheitas são realizadas mais cedo com um ciclo vegetativo, 6 a 14 meses após o plantio (DIAS E MARTINEZ, 1986; LORENZI E DIAS, 1993; PEREIRA et al., 1985). Os cultivares deste grupo são colhidos precocemente, por apresentarem suas raízes menos fibrosas e com melhores qualidades culinárias e sensoriais quando comparadas a colheitas realizadas com dois ciclos (PEREIRA et al., 1985).

Outro fator que determina a época adequada de colheita é a precocidade do cultivar utilizado, que pode ser traduzida como a capacidade de permitir colheitas

precoces com bons rendimentos quando comparados a outros cultivares que só permitem colheitas econômicas mais tardiamente (LORENZI, 2003). Alguns cultivares com índice de área foliar (IAF) adequado, e boa capacidade de dreno de suas raízes, atingem precocemente níveis de produção elevados que permitem colheitas mais precoces (COCK et al., 1977; WILLIAMS, 1972).

### **2.3 Densidade de plantio**

Os espaçamentos utilizados nos cultivos comerciais de mandioca de mesa são extremamente diversos, variando de 1,00 a 1,30 m entre linhas de plantio, com ajustes entre as plantas dentro da linha, que originam populações de 10.000 a 20.000 plantas.ha<sup>-1</sup> aproximadamente.

As densidades populacionais podem exercer grandes influências na produtividade, pois determinam a competição por água, nutrientes e principalmente luz. O hábito de crescimento, o porte das plantas cultivadas, juntamente com fatores edáficos e climáticos determinam a intensidade desta competição, devendo estes fatores serem levados em consideração à escolha do número de plantas mais adequado às condições locais (COCK et al., 1977; ENYI, 1973).

A maioria dos plantios de mandioca de mesa é realizada em pequenas áreas, o que inviabiliza muitas vezes a mecanização dessa prática. Realizado manualmente, permite a utilização da densidade de plantio que mais convenha ao produtor e as suas necessidades. Plantios mecanizados, por outro lado, dependem do dimensionamento das plantadeiras, que originam populações pré-determinadas pelos fabricantes que podem oferecer poucas possibilidades de ajuste.

#### **2.3.1 Efeitos na produção**

Diferentemente dos cereais o desenvolvimento das raízes tuberosas da mandioca se dá juntamente com o da parte aérea (caule, pecíolos e folhas). Dessa forma, ocorre uma demanda simultânea de assimilados para o desenvolvimento das partes aéreas e subterrâneas, que competem entre si. O rendimento de raízes tuberosas, é portanto dependente do saldo de carboidratos disponíveis durante o desenvolvimento das plantas

e da capacidade das raízes os atraírem e acumularem na forma de amido (WILLIAMS, 1972; ENYI, 1972a).

Em contraste com outras culturas de propagação vegetativa, produtoras de órgãos especializados em armazenamento como a batata (*Solanum tuberosum* L.), onde os tubérculos praticamente monopolizam o acúmulo de elaborados, na cultura da mandioca os açúcares produzidos nas folhas, além de serem armazenados como amido nas raízes tuberosas, acumulam-se nas ramas e mesmo na maniva semente. Segundo LORENZI (comunicação pessoal), no período de repouso fisiológico aparente, que ocorre nos meses mais secos e frios do ano, há uma translocação dos açúcares solúveis das folhas para as hastes, antes da senescência das folhas, e, posteriormente ocorre a translocação destes carboidratos solúveis armazenados das hastes para as raízes, proporcionando, neste período, desenvolvimento das raízes tuberosas embora mais lento.

Alterações no suprimento de carboidratos para as raízes nos primeiros estádios de desenvolvimento, quando as raízes tuberosas iniciam sua diferenciação, podem acarretar grandes efeitos nesta capacidade de dreno, podendo comprometer o fluxo de carboidratos para as raízes e conseqüentemente sua produção (COCK et al., 1979; HUNT, 1977).

O número de hastes influencia significativamente o rendimento de raízes. Plantas com maior número de hastes, apresentam menor desenvolvimento de raízes quando comparadas a plantas com apenas uma haste, devido à competição entre o desenvolvimento das raízes e o da parte aérea (ENYI, 1972a).

Variações nas densidades populacionais, de maneira geral, alteram o desenvolvimento das plantas de mandioca, podendo favorecer ou prejudicar o crescimento seus diferentes órgãos, devido a maior ou menor competição espacial. Diversos autores descrevem variações na produção com a alteração das densidades em função dos cultivares, que respondem de forma distinta a esta prática (COCK et al., 1977; ENYI, 1972b; HUNT et al., 1977; WILLIAMS, 1972).

OLIVEIRA et al. (1998) avaliando as influências de densidades de 10.000, 12.500, 16.666 e 25.000 plantas por ha, em três cultivares de porte distinto, relatam a alteração no hábito de ramificação das plantas, em função das densidades avaliadas.

COCK et al. (1977) trabalhando com cinco cultivares de porte e hábito de ramificação distintos, observaram que alguns apresentaram máximas produções de raízes em populações de 5.000 a 10.000 plantas.ha<sup>-1</sup> e outros tiveram acréscimos na produção com o aumento das densidades até 30.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, porém com respostas muito pequenas nas populações acima de 10.000 plantas.ha<sup>-1</sup>.

ENYI (1973) estudando densidades entre 9.000, 12.000 e 18.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, obteve respostas positivas no rendimento de raízes tuberosas com o aumento das densidades, exceto para um dos cultivares testados que teve a produção de raízes reduzida acima de 12.000 plantas.ha<sup>-1</sup>.

ANDRADE e CORRÊA (1991) avaliando cinco densidades de plantio de 8.000 a 40.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, em dois cultivares, obtiveram maiores rendimentos com densidades intermediárias em relação aos extremos avaliados, recomendando o espaçamento de 1,00 x 0,75 correspondente a 13.333 plantas.ha<sup>-1</sup>. Alterações não vantajosas com os extremos populacionais testados, também foram descritos por FURTADO et al. (1980), com o espaçamento de 1,00 x 0,60 m, ou seja 16.666 plantas.ha<sup>-1</sup>.

MONDARDO et al. (1995) trabalhando com densidades variando de 15.200 a 24.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, observaram aumentos nos rendimentos de raízes e de parte aérea com o aumento da densidade, em três variedades de porte distinto.

BARROS et al. (1978) avaliando o efeito de densidades, demonstram quedas na produção de raízes com o aumento das densidades a partir de 10.000 plantas.ha<sup>-1</sup>. SAMPAIO E CONCEIÇÃO (1975) avaliando espaçamentos adensados, variando de 0,4 a 0,6 m entre plantas e entre linhas, originando populações acima de 28.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, também obtiveram rendimentos menores que os obtidos com os espaçamentos convencionais.

Em parte, a competição entre plantas de mandioca por luz se dá devido ao sombreamento das plantas vizinhas e auto sombreamento, que podem ocasionar o

maiores densidades devido a menor competição entre plantas por luz. Lóbulos foliares estreitos permitem menor sombreamento entre as folhas da mesma planta possibilitando melhor distribuição e utilização da radiação solar (WILLIAMS AND GHAZALI, 1969).

ENYI (1973), trabalhando com três cultivares submetidas a diversas densidades populacionais, não encontrou correlações entre a forma dos lóbulos foliares e produtividade. TÁVORA et al. (1982) com cultivares de lóbulos foliares estreitos e largos, e populações de 5.000 a 25.000 plantas.ha<sup>-1</sup> obteve a máxima produção com a população de 15.000 plantas.ha<sup>-1</sup> plantas para os dois tipos de lóbulos foliares. WILLIAMS E GHAZALI (1969), obtiveram maiores produções para os cultivares de lóbulos estreitos e intermediários em relação ao de lóbulos largos.

Já em trabalho realizado por FAHL et al. (1982), com três cultivares de portes e ramificações distintas em densidades de 10.000, 16.666 e 25.000 planta.ha<sup>-1</sup>, observaram que a produção de raízes, não foram significativamente afetadas pelas densidades de plantio. BÁEZ et al. (1998) com três densidades de plantio variando de 10.000 a 15.625 plantas.ha<sup>-1</sup> também não encontraram diferenças significativas para produção de raízes.

Existe um consenso entre vários autores quanto à utilização de menores espaçamentos e conseqüentemente maiores densidades de plantio em solos de baixa fertilidade, e maiores espaçamentos ocasionando cultivos menos adensados para solos de melhor fertilidade (ALBUQUERQUE, 1969; NORMANHA E PEREIRA, 1952; SILVA, 1970; SANTOS et al., 1972). Isso se dá em virtude do maior vigor demonstrado pelas plantas em solos de alta fertilidade, ocasiona maior competição entre plantas; já para solos de baixa fertilidade o desenvolvimento das plantas geralmente é menor, o que possibilita a utilização de maiores densidades.

Trabalho realizado por NORMANHA E PEREIRA (1950) em várias localidades do Estado de São Paulo, recomenda-se espaçamentos de 1,00 x 0,40 m para solos pobres e 1,00 x 0,60 para solos de boa fertilidade, o que corresponde a populações de 25.000 e 16.667 plantas.ha<sup>-1</sup>.

### **2.3.2 Índice de área foliar**

A área foliar é um importante parâmetro fisiológico para a avaliação da produção, uma vez que dela depende a produção de açúcares utilizados no desenvolvimento das plantas e armazenados nas raízes na forma de amido. O índice de área foliar (IAF) corresponde à relação entre a área foliar total das plantas e a área de solo que elas ocupam e é muito utilizado em estudos fisiológicos. O IAF é determinado pela quantidade de folhas das plantas, largura dos lóbulos, longevidade foliar e espaçamento entre plantas.

A razão de crescimento (acumulação de massa no tempo) aumenta com o aumento do IAF, até certo nível a partir do qual decresce, sendo o IAF ideal baseado na maior razão do crescimento das raízes tuberosas, e situando-se entre 3,0 e 3,5 podendo variar de acordo com o genótipo (COCK et al., 1979).

O IAF aumenta com o aumento das densidades populacionais (COCK et al., 1977; ENYI, 1973). O sombreamento promove o estiolamento das plantas e tende a aumentar o IAF, outras propriedades como o ângulo foliar e o tamanho dos lóbulos foliares podem prejudicar o rendimento de raízes em elevados IAFs, prejudicando a distribuição de luz no dossel e conseqüentemente a eficiência fotossintética (WILLIAMS AND GHAZALI, 1969).

De acordo com a arquitetura da planta, porte do cultivar e arranjo espacial no campo, pode-se obter um IAF próximo do ideal, isto é, o IAF que permita o máximo de folhas em plenitude fotossintética. Desta forma elevadas produções são atingidas com genótipos que mantenham bons níveis de IAF durante maiores períodos de tempo.

### **2.3.3 Qualidade da produção**

A qualidade da produção de mandioca pode ser influenciada por diversos fatores e depende principalmente das características varietais e do ambiente de cultivo. Fatores como tipo de solo, condições climáticas favoráveis, tratos culturais e densidade populacional adequada, podem fornecer condições para que a produção obtida apresente melhores qualidades, em termos de tamanho e uniformidade de raízes.

Alteração no número de raízes tuberosas produzidas por planta pode ocorrer com a alteração das densidades de plantio. Decréscimos no número de raízes por planta ocorrem com o aumento das densidades de plantio (COCK et al., 1977; ENYI, 1972b; OLIVEIRA, 1995). O número de raízes apresenta menor variação em menores densidades em torno de 5.000 plantas.ha<sup>-1</sup> (COCK et al., 1977). TAKAHASHI E GUERINI (1998) e WILLIAMS (1974) não encontraram variação no número médio de raízes com alterações nas densidades de plantio.

O peso médio das raízes tuberosas é menor em maiores densidades, comparadas a raízes produzidas em menores densidades (COCK et al., 1977; FURTADO et al., 1980; MONDARDO et al., 1995; WILLIAMS, 1974). O rendimento por unidade de área parece não estar relacionado com o número de raízes, e sim com seu tamanho, o peso de raízes relaciona-se de forma linear com seu diâmetro e comprimento (WILLIAMS, 1974; TAKAHASHI E GUERINI, 1998).

A densidade populacional influencia o comprimento das raízes, sendo que menores densidades produzem raízes mais curtas (OLIVEIRA, 1995).

O teor de matéria seca das raízes tuberosas tende a diminuir com o aumento das densidades de plantio (COCK et al., 1977; COURTS, 1951; ENYI, 1973; HUNT et al., 1977). Porém, alguns autores não encontraram variações nestes teores com alteração das densidades populacionais (FURTADO et al., 1980; MONDARDO et al., 1995; OLIVEIRA 1995).

Boas características culinárias e baixos teores de cianoglicosídeos são características essenciais aos cultivares de mandioca de mesa (LORENZI et al., 1996a; MAHUNGU, 1987), porém são raros os genótipos que aliam estas propriedades às características agronômicas que atendam todos os seguimentos envolvidos, da produção ao consumo (LORENZI et al., 1988).

O tipo de raízes de mandioca de mesa deve obedecer aos padrões estabelecidos pelo mercado, que preza pela sua uniformidade e tamanho de raízes. A Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais do Estado de São Paulo (CEAGESP), principal mercado de mandioca de mesa no Estado, classifica as raízes em três grupos: graúdas, médias e miúdas, esta classificação é empírica e realizada de forma visual, sendo que as raízes

classificadas como graúdas têm preço cerca de 50 % superior ao das médias e duas vezes maior que o preço das miúdas, tanto no atacado quanto no varejo (CEAGESP, 2003).

As raízes de mandioca apesar da aparência perfeita, podem não originar bons materiais para o consumo “*in natura*”, apresentando-se fibrosas e endurecidas, mesmo quando submetidas a longos períodos de cozimento, o que as torna impróprias para comercialização em mercados organizados (NORMANHA, 1988). A variação na qualidade de raízes de mandioca tem prejudicado a expansão de sua comercialização, principalmente nas regiões onde há outros produtos que possam substituí-la.

Em trabalho realizado, PEREIRA et al. (1985) na determinação da qualidade culinária, sugerem uma classificação para a massa cozida segundo o grau textura plasticidade e pegajosidade. Os mesmos autores afirmam que, dentre os fatores que interferem no tempo de cozimento, sem dúvida o aspecto varietal é dos mais importante. FUKUDA E BORGES (1988) em trabalho de avaliação de qualidade de raízes de diversos cultivares de mandioca de mesa, observaram grande variabilidade entre os mesmos, sendo que a qualidade do produto final depende do tempo de cozimento e de outras características organolépticas.

LORENZI (1994), em experimentos conduzidos no Estado de São Paulo, relatam os melhores tempos de cozimento nas colheitas realizadas do 7º ao 12º mês de cultivo, e que, de maneira geral, a qualidade culinária das raízes apresentou-se melhor nos solos de melhor fertilidade.

#### **2.3.4 Índice de colheita**

O índice de colheita (IC) é a proporção de raízes produzidas em relação a fitomassa total das plantas (raízes, maniva mãe, caules, pecíolos e folhas). Sendo as raízes os órgãos de maior interesse no cultivo de mandioca, o IC pode fornecer um bom balanço entre a produção total de carboidratos pelas plantas e sua distribuição para as raízes. Existe enorme variação no IC entre cultivares e têm sido objetivos dos programas de melhoramento a seleção de genótipos de mandioca com elevados IC (KAWANO, 1982).

Alterações no desenvolvimento das plantas provocadas por aumentos nas densidades de plantio, diminuem a proporção de assimilados destinados às raízes, sendo que o reverso ocorre com o acúmulo de matéria seca nos caules (COCK et al., 1977; BARROS et al., 1978; ENYI, 1973; WILLIAMS, 1972). A proporção de raízes produzida em relação à parte aérea é de grande importância para produção de mandioca, sendo que um elevado IC é desejável para a produção de raízes (ENYI, 1973).

Variações no IC em diferentes densidades de plantio podem ocorrer dependendo do vigor e ramificação da parte aérea dos diferentes genótipos cultivados (COCK et al., 1977; WILLIAMS, 1972). Baixas densidades de plantio promovem elevada produção de matéria seca de raízes por planta (elevado IC), porém o rendimento total por unidade de área tende a aumentar com maiores densidades (ENYI, 1973; WILLIAMS, 1972).

Em trabalho realizado por COCK et al. (1977) com cultivares de diferentes portes e hábitos de ramificação, observou-se que genótipos com elevado desenvolvimento da parte aérea podem apresentar decréscimos na produtividade em baixas densidades, enquanto que os que possuem crescimento menos vigoroso da parte aérea podem apresentar melhores rendimentos em altas densidades. OLIVEIRA (1995) encontrou maiores produções de parte aérea e menor IC em cultivares ramificados em comparação aos não ramificados.

Altas produtividades por unidade de área podem ser obtidas com genótipos que possuam um alto IC, manejados em altas densidades de plantio, de forma que os elevados rendimentos devem estar associados à alta capacidade de dreno das raízes por fotoassimilados (COCK et al., 1977; WILLIAMS, 1972).

Um desenvolvimento exuberante da parte aérea pode ocasionar baixos rendimentos de raízes, sendo que altos rendimentos de raízes podem ser obtidos com um menor desenvolvimento da parte aérea em relação às raízes tuberosas (COCK

tóxicos para sua proteção (JONES, 1998). As plantas de mandioca possuem glicosídeos cianogênicos (HCN) linamarina 95% e lotustralina 5 % (CONN, 1973), e a enzima linamarase ( $\beta$ -glicosidase) é responsável pela hidrólise destes compostos cianogênicos o que resulta na liberação de  $\text{CN}^-$  (cianeto), principio ativo venenoso responsável pelas intoxicações em animais e seres humanos (MCMAHON, et al., 1995). De maneira geral, a cianogênese é tida como um mecanismo de defesa das plantas de mandioca ao ataque de patógenos e pragas da cultura (CALATAYUD Y MÚNERA, 2002).

Tais compostos, em quantidades maiores ou menores, são encontrados em todas as partes da planta exceto nas sementes (CALATAYUD Y MÚNERA, 2002; WHEATLEY et al., 1993). Tratando-se de raízes, as maiores quantidades de HCN encontram-se na casca (NORMANHA, 1956; CORREIA, 1947), com de cerca de 60% do total HCN contido nas raízes (CORREIA, 1947).

As mandiocas são geralmente classificadas como mansas e bravas. As mansas, com menores teores de HCN são comercializadas “*in natura*” ou processadas e as consideradas bravas devem ser necessariamente processadas na forma de farinhas, polvilhos ou féculas, tendo elevados teores de HCN em suas raízes frescas. Cultivares de mandioca de mesa devem possuir baixos teores de HCN (LORENZI et al., 1996a,b; MAHUNGU, 1987) pois este em altas concentrações podem conferir sabor amargo às raízes e ainda representar risco a saúde dos consumidores (COURSEY, 1973; PEREIRA E PINTO, 1962). Diversos autores demonstram correlação positiva entre elevados teores HCN e sabor amargo encontrado na polpa crua de raízes (COURSEY, 1973; MIYA et al., 1975; PEREIRA E PINTO, 1962).

COURSEY (1973) citando trabalhos de BOORSMA (1905) e COCH (1933), propõe a classificação de raízes de mandioca de acordo com sua toxicidade, em que 50 a 60 mg de HCN seriam a dose letal teórica para um adulto com massa corpórea de 50 kg, a qual passou a ser adotada no mundialmente da seguinte forma: raízes inócuas são aquelas com menos de 50 mg de equivalente de  $\text{HCN.kg}^{-1}$  de polpa fresca; as moderadamente venenosas são as com conteúdo equivalente de HCN entre 50 a 100  $\text{mg.kg}^{-1}$  de polpa crua e as venenosas com mais de 100 mg de equivalentes  $\text{HCN.kg}^{-1}$  de polpa de raízes frescas.

LORENZI et al. (1993) avaliando 206 genótipos de mandioca destinados ao consumo doméstico e cultivados nos quintais do Estado de São Paulo, verificaram que apenas 24,8 % das variedades possuíam até 50 mg de eq.HCN.kg<sup>-1</sup> na polpa crua das raízes, sugerindo, em concordância com NORMANHA (1956) e PEREIRA et al. (1977),

Em trabalho realizado no CIAT (1991) não foram encontradas relações entre o teor de HCN e o estresse hídrico. Porém, queda nos teores de HCN foram observadas por BOKANGA et al. (1994), em oito entre dez genótipos avaliados, sob condições de déficit hídrico, comparados com condições irrigadas.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Cultivar

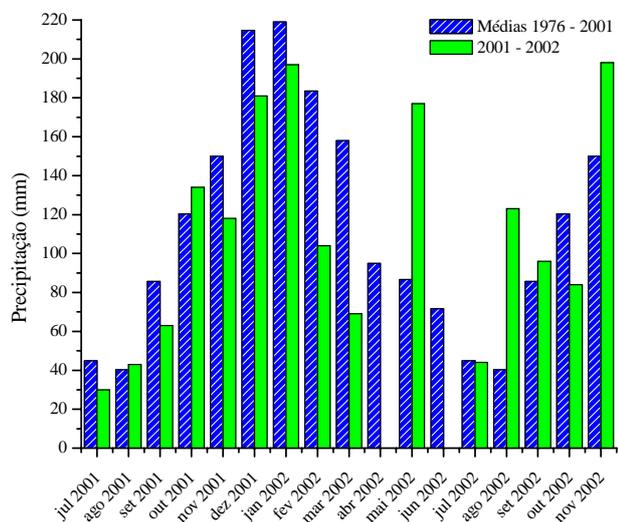
No presente estudo foi utilizado o cultivar IAC 576-70 que representa praticamente a totalidade das áreas destinadas ao comércio formal de mandioca de mesa no Estado de São Paulo (LORENZI, 2003). Cultivar desenvolvido pelo IAC a partir do cruzamento entre SRT 797 Ouro do Vale e IAC 14-18, é superior aos demais em cultivo no Estado, por sua produtividade, aspecto das raízes, qualidades culinárias e sensoriais, e considerável resistência à bacteriose (LORENZI et al., 1984).

Suas raízes possuem película suberosa de cor marrom, lisa e de forma predominantemente cilíndrica, feloderma e polpa de coloração creme. Apresenta polpa de coloração amarela quando cozida. Possui broto verde-arroxeadado, hastes jovens verdes, pecíolos verde-amarelados, folhas largas com de cinco a sete lóbulos, ramificação di e tricotômica, com ângulo ao redor de 45°, e hastes maduras cinza-esverdeadas (LORENZI et al., 1996).

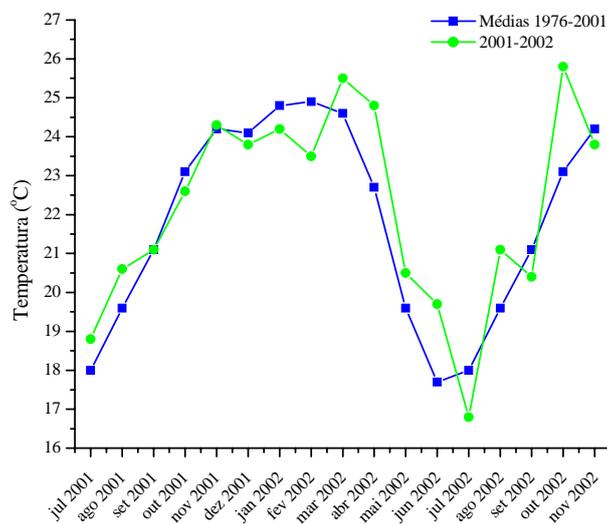
#### 3.2. Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na sede do Pólo Regional do Vale do Paranapanema da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), localizado em Assis, SP (latitude 22° 40'S, longitude 50° 26'W e altitude média de 563m).

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo "Cwa", subtropical com inverno seco e verão quente e úmido (SETZER, 1966). Dados fornecidos pelo Centro de Ecofisiologia e Biofísica do IAC, referentes à estação meteorológica do Pólo onde foi conduzido o experimento registram, nos últimos 15 anos (1976-2001), precipitações e temperaturas médias anuais de 1.469 mm e 22°C respectivamente. Os valores médios mensais deste período e os ocorridos durante a condução do ensaio (julho de 2001 a novembro de 2002) são apresentados nas figuras 1 e 2.



**Figura 1.** Precipitação média normal, de 1976 a 2001, e precipitações mensais no período de condução do ensaio (2001-2002). Assis, SP.



**Figura 2.** Temperatura média normal, de 1976 a 2001, e temperaturas mensais no período de condução do ensaio (2001-2002). Assis, SP.

O ensaio foi conduzido em Latossolo Vermelho Escuro distroférico, horizonte A moderado, de textura média fase arenosa. Não foi efetuada calagem, pois alguns dados experimentais não têm revelado resposta positiva a essa prática, podendo, inclusive acarretar efeitos negativos na produção (LORENZI, 2003). Foi realizada adubação com  $300 \text{ kg.ha}^{-1}$ , da fórmula 4-20-20 + 0,5 % de zinco, de acordo com recomendação proposta pelo IAC (LORENZI et al., 1996). Os resultados da análise de solo encontram-se resumidos na tabela 1.

**Tabela 1.** Resultados analíticos para solo amostrado na área do experimento, nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm.

| Profundidade amostrada (cm) | pH<br>CaCl <sub>2</sub> | H+Al<br>----- | Ca  | Mg<br>-----mmol/dm <sup>3</sup> ----- | K   | Zn  | P<br>mg/dm <sup>3</sup> | MO<br>g/dm <sup>3</sup> |
|-----------------------------|-------------------------|---------------|-----|---------------------------------------|-----|-----|-------------------------|-------------------------|
| 0-20                        | 4,7                     | 31,0          | 6,0 | 3,0                                   | 0,2 | 0,4 | 5,0                     | 15,0                    |
| 20-40                       | 4,6                     | 31,0          | 6,0 | 3,0                                   | 0,2 | 0,2 | 4,0                     | 11,0                    |

### 3.3. Tratamentos.

Foram avaliados sete densidades populacionais (5.000, 5.714, 6.667, 8.000, 10.000, 13.333 e 20.000 plantas.ha<sup>-1</sup>) em seis épocas consecutivas de colheita, sendo a primeira seis meses após o plantio e as demais distanciadas aproximadamente dois meses, totalizando 42 tratamentos repetidos quatro vezes.

Os tratamentos foram distribuídos em parcelas sub-divididas, com as parcelas (épocas de colheitas) e as sub-parcelas (densidades de plantio). As parcelas foram compostas de 90 plantas, distribuídas nas densidades populacionais em estudo e duas bordaduras, representadas por 24 trapézios. As sub-parcelas foram representadas por linhas de 10 plantas, sendo 8 consideradas úteis (figura 3).

### 3.4. Instalação e condução do experimento

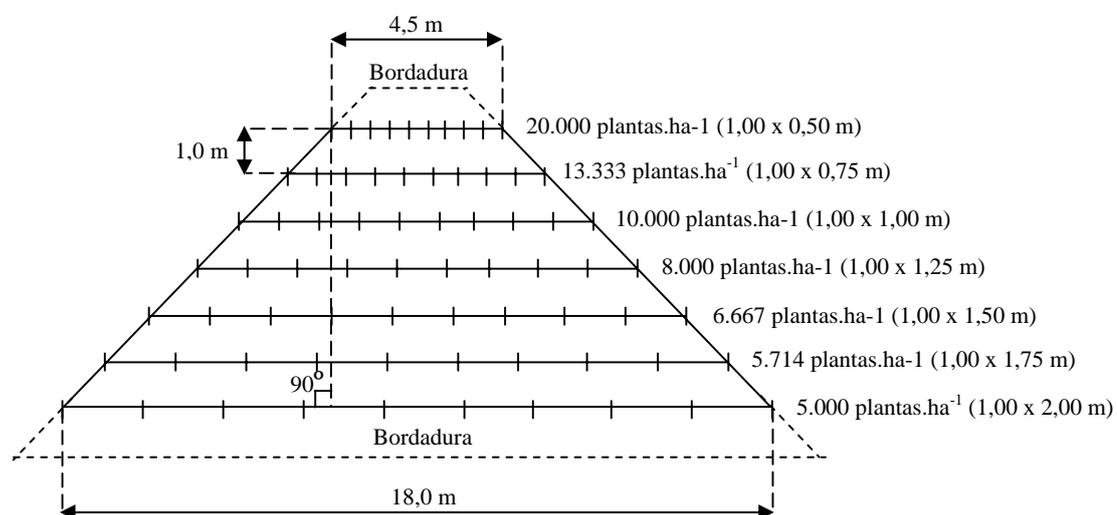
O experimento foi instalado, no dia 30 de julho de 2001, dentro da época de plantio recomendada para o Estado de São Paulo (NORMANHA E PEREIRA, 1948). A área destinada ao ensaio foi escolhida em terreno plano e homogêneo. O solo foi preparado com aração a 30 cm de profundidade e duas gradagens, para destorroamento e nivelamento.

Para o controle de plantas invasoras foram aplicados 2,5 L por ha de trifluralin (445 g por litro) incorporado ao solo com grade de discos. Para o plantio foram abertos sulcos longitudinais em toda área distanciados 1 m e com 10 cm de profundidade.

As parcelas, em forma trapezoidal, foram marcadas nos sulcos de plantio, com estacas distanciadas 0,50 m, na base menor do trapézio e 2,00 m, na base maior do trapézio, correspondentes à menor e à maior densidades estudadas. As densidades avaliadas foram representadas por 10 plantas por linha, variando-se o espaçamento entre as plantas na linha e mantendo fixo o espaçamento entre linhas de 1 m. (figura 3).

O plantio foi realizado com o auxílio de um barbante guia, esticado sobre o solo de uma estaca a outra correspondente. As manivas foram plantadas manualmente de forma horizontal centradas sob o barbante guia, no fundo dos sulcos, determinando assim, as densidades intermediárias a base menor e maior do trapézio. Foram plantadas ainda, por extensão do barbante, duas densidades como bordaduras (figura 3).

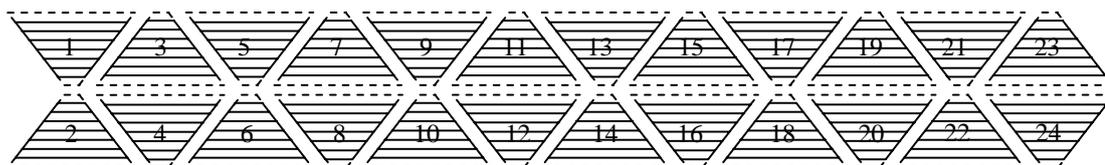
Foram utilizadas manivas de 15 cm de comprimento provenientes do programa de produção de manivas semente genéticas do IAC.



**Figura 3.** Modelo da parcela (trapézio isósceles) e sub-parcelas (linhas espaçadas 1 m) para estudo de sete densidades populacionais.

As densidades obtidas derivam-se da variação crescente de 0,25 m no espaçamento entre as plantas na linha, de forma crescente da base menor para a base maior da parcela trapezoidal. Assim, a densidade de 20.000 plantas por ha, apresentou-se distanciada 0,50 m entre as plantas na linha; a de 13.333 plantas 0,75 m; 10.000 plantas 1,00 m; 8.000 plantas 1,25 m; 6.667 plantas 1,50 m; 5.714 plantas 1,75 m e 5.000 plantas 2,00 m (figura 3).

As parcelas foram arranjadas no campo conforme a figura 4, distanciadas 2 m entre as laterais dos trapézios e 1 m entre as bases recebendo numeração de 1 a 24. Cada parcela (trapézio) ocupou uma área de 162 m<sup>2</sup> e o ensaio, composto de 24 trapézios, ocupou uma área total de 2.669 m<sup>2</sup>.



**Figura 4.** Disposição das parcelas no campo.

Para o complemento do controle de plantas invasoras foram realizadas duas capinas manuais; a primeira antes do sombreamento do solo pelas plantas, e a outra no início do segundo ciclo vegetativo.

Não houve a ocorrência de pragas e doenças durante toda a condução do ensaio, não tendo sido realizados tratamentos fitossanitários.

### 3.5. Delineamento experimental

O ensaio foi delineado em parcelas subdivididas com seis épocas de colheita (parcelas) e sete densidades de plantio (sub-parcelas). As parcelas foram inteiramente casualizadas, e as sub-parcelas sistematizadas segundo o modelo trapezoidal. A sistematização das sub-parcelas deveu-se à obrigatoriedade do modelo trapezoidal descrito no item 3.4.

A casualização das parcelas foi obtida através do sorteio das quatro repetições, sendo os trapézios 3, 8, 15 e 22 colhidos aos 164 dias após o plantio (dap); 2, 5, 7 e 21

colhidos aos 236 dap; 4, 12, 18 e 24 colhidos aos 299 dap; 1, 6, 14 e 17 colhidos aos 382 dap; 09, 13, 16 e 20 colhidos aos 437 dap e os trapézios 10, 11, 19 e 23 colhidos aos 507 dap (figura 4).

As avaliações foram efetuadas por ocasião das colheitas, sendo a primeira realizada aos seis meses após o plantio e as demais espaçadas aproximadamente em meses. Dificuldades operacionais impediram a uniformização dos intervalos entre as colheitas. As datas das colheitas, e os intervalos em dias do plantio até a primeira colheita, assim como, os intervalos decorridos entre as colheitas podem ser observados na (tabela 2).

**Tabela 2.** Intervalos em número de dias entre o plantio e as colheitas.

| Data       | Operações   | Nº de dias após o plantio | Intervalo entre operações |
|------------|-------------|---------------------------|---------------------------|
| 01/07/2001 | Plantio     | -                         | -                         |
| 11/12/2001 | 1ª Colheita | 164                       | 164                       |
| 21/02/2002 | 2ª Colheita | 236                       | 72                        |
| 25/04/2002 | 3ª Colheita | 299                       | 63                        |
| 17/06/2002 | 4ª Colheita | 382                       | 83                        |
| 10/09/2002 | 5ª Colheita | 437                       | 55                        |
| 19/11/2002 | 6ª Colheita | 507                       | 70                        |

### 3.6. Parâmetros avaliados

Foram avaliados os seguintes parâmetros: Produção total, número e peso médio de raiz; Produção e diâmetro de raízes comerciais; índice de colheita e teores de cianoglicosídeos (em quatro densidades).

Os parâmetros foram avaliados quando das colheitas, nas seis épocas estudadas. Cada avaliação foi realizada em quatro parcelas em cada época (repetições), nas sete sub-parcelas centrais representadas por oito plantas descartando-se as plantas das extremidades das linhas.

#### 3.6.1. Produção total, número e peso médio de raízes

Antes de cada colheita as plantas foram podadas para a retirada da parte aérea, e as plantas úteis colhidas manualmente. As raízes foram separadas, sendo cortadas em seu ponto de inserção com a maniva mãe, com o uso de facão.

As raízes de cada sub-parcela foram pesadas em conjunto, estimando-se sua massa fresca. O número de raízes por planta foi determinado a partir da contagem de todas as raízes da sub-parcela dividindo-se o total pelo estande final e o peso médio calculado dividindo-se a massa observada pelo número de raízes.

### **3.6.2. Produção e diâmetro de raízes comerciais**

As raízes foram classificadas em comerciais e não comerciais, de acordo com o padrão vigente no CEAGESP que é praticado na maioria dos mercados formais do Estrado de São Paulo. Considerou-se como raízes comerciais as que atenderam aos padrões mínimos aceitos pelo CEAGESP, na classificação de “raízes miúdas”.

As raízes que se apresentaram abaixo deste padrão foram descartadas, sendo seu peso descontado da produção total, originando a produção comercial. Os descartes incluíram as raízes com diâmetro muito pequeno, as defeituosas, mal formadas que não se prestam à comercialização.

Também como parâmetro qualitativo, foram avaliados os diâmetros de 10 raízes comerciais, tomadas ao acaso, em cada densidade estudada.

### **3.6.3. Índice de colheita**

Dividindo-se a massa fresca de raízes pela fitomassa total, obteve-se o IC em cada sub-parcela segundo a equação 1.

**Equação 1.** Cálculo do índice de colheita.

$$\text{IC \%} = \frac{\text{massa fresca de raízes em kg}}{\text{fitomassa fresca em kg} \times 100}$$

A fitomassa foi obtida a partir das pesagens das raízes tuberosas, manivas-mãe, hastes, pecíolos, folhas com a exceção das raízes absorventes que ficaram no solo. Considerou-se a fitomassa com base na matéria fresca, a partir das massas observadas em cada densidade de plantio.

#### 3.6.4. Conteúdo cianogênico

Nas raízes comerciais de cada sub-parcela foram amostradas aleatoriamente 10 raízes para as análises laboratoriais. Foram realizadas avaliações do conteúdo cianogênico nas raízes nas seguintes densidades: 5.000, 6.667, 10.000 e 20.000 plantas por ha. Dentre as raízes classificadas como comerciais, foram amostradas aleatoriamente dez raízes, prestando-se às análises laboratoriais.

Para a extração dos compostos cianogênicos, nas raízes selecionadas, foram retirados toletes do terço médio central com 10 cm de comprimento. Estes foram descascados, retirando-se a película e a entrecasca. Os toletes foram cortados longitudinalmente ao meio, e uma destas porções cortada novamente pela metade de forma longitudinal. Selecionou-se aleatoriamente uma das quatro porções para o preparo da amostra, descartando-se as remanescentes, com o objetivo de se amostrar praticamente  $\frac{1}{4}$  de cada tolete, devido às possíveis variações nos teores cianogênicos, que podem ocorrer no sentido longitudinal e radial das raízes.

As porções selecionadas foram ainda picadas em pedaços de aproximadamente  $1\text{ cm}^3$ , com o auxílio de um picador de legumes. As amostras foram homogeneizadas e desta retiradas três sub-amostras de 150 g, que foram individualmente, trituradas em liquidificador, com 500 mL de solução de ácido fosfórico 0,1 M ( $\text{H}_3\text{PO}_4$  85%) por dois minutos. Os extratos foram transferidos para copos plásticos descartáveis e deixados em repouso para decantação do material em suspensão. Coletou-se 7,5 mL do sobrenadante, acondicionado-o em tubos de ensaio com tampa, adicionando-se a seguir 2,5 mL de etanol (98%). Os tubos com as referidas soluções foram agitados e armazenados a  $-18^\circ\text{C}$ , para posterior determinação do conteúdo cianogênico.

A extração dos compostos cianogênicos foi realizada no laboratório do Pólo Regional do Vale do Paranapanema – APTA em Assis, SP, segundo metodologia adaptada e descrita anteriormente. Os extratos congelados, acondicionados em recipiente térmico, foram transportados para Campinas, SP, onde foram analisados quanto ao teor cianogênico no Laboratório de Fitoquímica do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Recursos Genéticos Vegetais do IAC, segundo metodologia desenvolvida por COOKE (1979) e aperfeiçoada por O'BRIEN et al. (1991) e ESSERS et al. (1993).

Desta forma, para cada densidade estudada, os teores de cianoglicosídeos (HCN), foram avaliadas três sub-amostras para cada sub-parcela, com quatro repetições de campo. No laboratório, tais sub-amostras foram avaliadas em baterias com três repetições e a média dos resultados analíticos tida como conteúdo cianogênico da polpa crua das raízes.

Os procedimentos experimentais para a avaliação deste parâmetro são onerosos tanto financeiramente, quanto em relação à mão de obra necessária. Dada a impossibilidade de serem analisadas todas as densidades populacionais restringiu-se esta avaliação para as densidades de 5.000, 6.667, 10.000 e 20.000 plantas.ha<sup>-1</sup>.

### 3.7. Análise dos dados

Em virtude do delineamento experimental e da dependência entre os níveis das variáveis estudadas, os resultados foram analisados através da regressão. Foram realizadas análises da variância e teste de F para as variáveis: número de raízes por planta, massa média de raízes, diâmetro de raízes, teores de cianoglicosídeos e índice de colheita. Para a produção total de raízes e produção comercial as análises foram realizadas através de equações de ajuste descritas nos item 3.7.2.

#### 3.7.1. Análise da variância

Os resultados coletados durante o ensaio, foram submetidos a análises de variância, segundo modelo de parcelas sub-divididas em delineamento inteiramente casualizado conforme demonstrado na tabela 3 (STEEL AND TORRIE, 1960). O modelo adotado foi:

$$X_{ijk} = \mu + \alpha_i + r_j + \varepsilon_{ij} + \beta_k + (\alpha\beta)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Com os respectivos níveis dentro dos fatores:

colheitas:  $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ ;

repetições:  $j = 1, 2, 3, 4$ ;

densidades:  $k = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ .

Onde:

$X_{ijk}$  é o valor observado no k-ésimo nível do fator densidade, dentro do i-ésimo nível do fator colheita, na j-ésima repetição;

$\mu$  é a média geral;

$\alpha_i$  é o efeito do tratamento i (parcela);

$r_j$  é o efeito da repetição j;

$\varepsilon_{ij}$  é o erro correspondente a parcela;

$\beta_k$  é o efeito do tratamento k (sub-parcela);

$(\alpha\beta)_{ik}$  é o efeito conjunto da interação dos tratamentos i e j;

$\varepsilon_{ijk}$  é o erro correspondente a sub-parcelas.

**Tabela 3.** Quadro modelo da análise da variância e teste de F para parcelas subdivididas em delineamento inteiramente casualizado.

| Causa de variação (CV) | Graus de liberdade (GL) | Quadrados médios (QM) | Esperança dos quadrados médios (EQM)          | F calculado                           |
|------------------------|-------------------------|-----------------------|---|---------------------------------------|
| Colheitas (A)          | a-1                     | QM (A)                | $\sigma_a^2 + b\sigma_a^2 + rb\sigma_a^2$     | QM(A)/QM(a)                           |
| Resíduo (a)            | a(r-1)                  | QM (a)                | $\sigma_a^2 + b\sigma_a^2$                    |                                       |
| Densidades (B)         | b-1                     | QM (B)                | $\sigma_b^2 + b\sigma_{AxB}^2 + rb\sigma_b^2$ | QM(B)/QM(AxB) ou QM(b)/QM(AxB)+QM(b)* |
| Interação (AxB)        | (a-1) (b-1)             | QM (AxB)              | $\sigma_b^2 + b\sigma_{AxB}^2$                | QM (AxB)/QM(b)                        |
| Resíduo (b)            | a(r-1) (b-1)            | QM (b)                | $\sigma_b^2$                                  |                                       |
| Total                  | abr-1                   |                       |   |                                       |

Onde: (A) corresponde ao fator colheitas, como parcelas, e (a) seus níveis; (B) corresponde ao fator densidades, como sub-parcelas e (b) seus níveis e (r) o número de repetições.

\* Quando não há efeito significativo pelo teste de F para a Interação (AxB), o F de Densidades (B) é calculado com o QM(AxB)+QM(b) e respectivos graus de liberdade somados.

### 3.7.2. Modelo de ajuste

Para os estudos das variáveis produção total e produção comercial de raízes, as análises dos dados obtidos foram realizadas a partir de modelos matemáticos de regressão. Este método consiste em utilizar modelos matemáticos que representem o fenômeno biológico em estudo para os efeitos individualizados por planta, com o objetivo de isolar os efeitos estudados, minimizando os desvios, e, a partir das respostas ajustadas por planta são estimadas as respostas por unidade de área. Os ajustes são realizados em duas etapas, um ajuste inicial no espaço (entre densidades) e outro final no tempo (entre colheitas) conforme descritos a seguir.

### 3.7.2.1. Ajuste inicial no espaço

Para o ajuste inicial, realizado em função das densidades, foram avaliados 17 modelos de regressão com o objetivo de selecionar aquele que melhor represente o efeito das densidades em estudo. Para tal foi utilizada a quarta colheita, realizada aos 382 dap, por aproximar-se da idade em que essa prática é comumente realizada pelos agricultores (12 meses), e concentrar a maioria dos estudos e conhecimentos fisiológicos para o cultivar IAC 576-70. Para a escolha do modelo de melhor ajuste ao efeito de densidades foi considerada a representatividade do fenômeno biológico em estudo, os níveis de significância e a complexidade matemática do modelo. Foi utilizado o modelo exponencial  $y = a x^b$ .

De posse dos resultados observados por planta em cada sub-parcela, foram estimadas as respostas em função das densidades estudadas, em cada parcela (trapézio), com o objetivo de isolar o efeito de densidades e minimizar os desvios. Para a estimativa dos modelos e seus respectivos coeficientes de regressão foram utilizados os programas Curvexpert 1.3 (HYAMS, 1995-1997) e Origin 6.0 (MICROCAL SOFTWARE CORPORATION, 1991-1999).

### 3.7.2.2. Ajuste final no tempo

A partir dos valores estimados na correção inicial, foram realizadas as correções finais em função das épocas de colheita. Para a determinação do modelo de ajuste temporal foi utilizada a densidade de 10.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, por representar os espaçamentos recomendados e comumente utilizados pelos agricultores no cultivo de mandioca de mesa. O modelo de regressão polinomial do 3º grau, descrito por  $y = a + b x + b_1 x^2 + b_2 x^3$ , foi utilizado para os ajustes no tempo, por representar a dinâmica do crescimento de raízes de mandioca no primeiro ciclo e início do segundo, período este avaliado no experimento.

A correção no tempo foi realizada a partir dos valores médios ajustados na correção inicial, com o objetivo agora de isolar o efeito de colheitas, minimizando os desvios. Para a estimativa dos modelos e seus respectivos coeficientes de regressão

foram utilizados os programas Curvexpert 1.3 (HYAMS, 1995-1997) e Origin 6.0 (MICROCAL SOFTWARE CORPORATION, 1991-1999).

Desta forma, as respostas obtidas por planta, a partir dos modelos adotados, na correção inicial (entre densidades) e no tempo (entre colheitas), foram utilizadas para o cálculo das variáveis resposta em kg por ha, multiplicando-se os resultados obtidos por planta, pelo número de plantas por ha em cada densidade avaliada.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plantas apresentaram bom desenvolvimento e com produções satisfatórias, mesmo nas colheitas mais precoces.

A emergência das plantas ocorreu normalmente, entre 10 a 15 dap originando estande satisfatório ao estudo de densidades populacionais. O estande, avaliado nas colheitas aproximou-se bastante do ideal (100 %), que corresponde a oito plantas em cada sub-parcela (tabela 4).

**Tabela 4.** Estande final obtido nas sub-parcelas, nas seis colheitas avaliadas. Assis SP, 2001/2002.

| Repetições        | Densidade | n.º de plantas |            |            |            |            |            |
|-------------------|-----------|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                   |           | Colheita 1     | Colheita 2 | Colheita 3 | Colheita 4 | Colheita 5 | Colheita 6 |
| 1                 | 20.000    | 8              | 8          | 8          | 8          | 8          | 8          |
| 1                 | 13.333    | 8              | 8          | 8          | 8          | 8          | 8          |
| 1                 | 10.000    | 8              | 8          | 8          | 8          | 8          | 7          |
| 1                 | 8.000     | 8              | 8          | 8          | 8          | 8          | 8          |
| 1                 | 6.667     | 8              | 8          | 8          | 8          | 8          | 8          |
| 1                 | 5.714     | 8              | 8          | 8          | 7          | 8          | 7          |
| 1                 | 5.000     | 7              | 8          | 8          | 8          | 8          | 8          |
| 2                 | 20.000    | 8              | 8          | 8          | 7          | 8          | 8          |
| 2                 | 13.333    | 8              | 8          | 8          | 8          | 8          | 8          |
| 2                 | 10.000    | 8              | 8          | 8          | 8          | 8          | 8          |
| 2                 | 8.000     | 8              | 8          | 8          | 8          | 8          | 7          |
| 2                 | 6.667     | 8              | 8          | 8          | 8          | 8          | 8          |
| 2                 | 5.714     | 8              | 8          | 8          | 8          | 8          | 8          |
| 2                 | 5.000     | 8              | 7          | 8          | 7          | 8          | 7          |
| 3                 | 20.000    | 8              | 8          | 8          | 8          | 8          | 8          |
| 3                 | 13.333    | 8              | 7          | 8          | 8          | 8          | 8          |
| 3                 | 10.000    | 8              | 8          | 8          | 8          | 8          | 8          |
| 3                 | 8.000     | 8              | 8          | 8          | 8          | 8          | 8          |
| 3                 | 6.667     | 8              | 7          | 8          | 8          | 8          | 8          |
| 3                 | 5.714     | 7              | 8          | 8          | 8          | 8          | 8          |
| 3                 | 5.000     | 7              | 8          | 8          | 8          | 8          | 8          |
| 4                 | 20.000    | 8              | 8          | 8          | 8          | 8          | 8          |
| 4                 | 13.333    | 8              | 8          | 8          | 8          | 8          | 8          |
| 4                 | 10.000    | 8              | 8          | 7          | 8          | 7          | 8          |
| 4                 | 8.000     | 8              | 7          | 7          | 8          | 7          | 8          |
| 4                 | 6.667     | 7              | 8          | 8          | 8          | 8          | 8          |
| 4                 | 5.714     | 7              | 7          | 8          | 8          | 8          | 8          |
| 4                 | 5.000     | 8              | 8          | 8          | 8          | 8          | 7          |
| Estande final (%) |           | 97,77          | 97,77      | 99,11      | 98,66      | 99,11      | 97,77      |

#### 4.1. Produção total de raízes

As produções obtidas na quarta colheita (12 meses), idade comum de realização dessa prática, variaram de 20.000 a 25.000 kg.ha<sup>-1</sup>, denotando bons rendimentos comparáveis produtividades médias obtidas para o cultivar IAC 576-70 no Estado de São Paulo. Os rendimentos observados permitem afirmar que o ensaio, forneceu condições necessárias para que a variedade em estudo expressasse sua capacidade produtiva. As produções de raízes por planta, observadas em todos os tratamentos estudados apresentam-se na tabela 5.

**Tabela 5.** Produção total de raízes por planta obtida nas sub-parcelas, nas seis colheitas avaliadas. Assis, SP, 2001/2002.

| Repetições          | Densidade | kg.planta <sup>-1</sup> |         |         |         |         |         | Média |
|---------------------|-----------|-------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
|                     |           | Colh. 1                 | Colh. 2 | Colh. 3 | Colh. 4 | Colh. 5 | Colh. 6 |       |
| 1                   | 5.000     | 1,361                   | 2,548   | 4,419   | 4,726   | 4,035   | 4,104   | 3,532 |
| 2                   | 5.000     | 1,674                   | 4,167   | 3,719   | 2,901   | 4,875   | 5,371   | 3,785 |
| 3                   | 5.000     | 1,824                   | 2,851   | 3,828   | 4,349   | 4,024   | 4,500   | 3,563 |
| 4                   | 5.000     | 2,066                   | 3,953   | 3,265   | 4,420   | 3,673   | 4,889   | 3,711 |
| Média               |           | 1,731                   | 3,380   | 3,808   | 4,099   | 4,152   | 4,716   | 3,648 |
| 1                   | 5.714     | 1,749                   | 2,515   | 2,358   | 3,601   | 4,101   | 4,729   | 3,175 |
| 2                   | 5.714     | 1,630                   | 3,619   | 3,531   | 3,794   | 4,140   | 4,794   | 3,585 |
| 3                   | 5.714     | 1,639                   | 3,163   | 3,786   | 4,318   | 3,188   | 4,601   | 3,449 |
| 4                   | 5.714     | 1,703                   | 2,260   | 3,816   | 3,878   | 3,161   | 5,129   | 3,324 |
| Média               |           | 1,680                   | 2,889   | 3,373   | 3,898   | 3,648   | 4,813   | 3,383 |
| 1                   | 6.667     | 1,283                   | 2,055   | 2,429   | 3,886   | 2,923   | 2,933   | 2,585 |
| 2                   | 6.667     | 1,225                   | 3,500   | 1,990   | 2,071   | 2,321   | 3,531   | 2,440 |
| 3                   | 6.667     | 1,551                   | 2,501   | 1,863   | 2,419   | 2,551   | 3,575   | 2,410 |
| 4                   | 6.667     | 0,996                   | 2,905   | 2,035   | 3,820   | 3,385   | 3,624   | 2,794 |
| Média               |           | 1,264                   | 2,740   | 2,079   | 3,049   | 2,795   | 3,416   | 2,557 |
| 1                   | 8.000     | 1,318                   | 2,241   | 2,441   | 3,158   | 2,890   | 2,178   | 2,371 |
| 2                   | 8.000     | 1,258                   | 2,333   | 1,973   | 2,924   | 2,081   | 3,473   | 2,340 |
| 3                   | 8.000     | 1,460                   | 2,803   | 2,438   | 2,129   | 2,668   | 4,090   | 2,598 |
| 4                   | 8.000     | 1,293                   | 1,643   | 2,709   | 3,396   | 2,556   | 2,430   | 2,338 |
| Média               |           | 1,332                   | 2,255   | 2,390   | 2,902   | 2,549   | 3,043   | 2,412 |
| 1                   | 10.000    | 1,084                   | 1,388   | 1,438   | 1,954   | 1,988   | 2,481   | 1,722 |
| 2                   | 10.000    | 0,779                   | 1,649   | 1,943   | 1,878   | 1,949   | 2,635   | 1,805 |
| 3                   | 10.000    | 1,045                   | 2,126   | 1,918   | 2,393   | 1,309   | 1,903   | 1,782 |
| 4                   | 10.000    | 1,031                   | 2,033   | 1,566   | 2,638   | 2,127   | 3,190   | 2,097 |
| Média               |           | 0,985                   | 1,799   | 1,716   | 2,216   | 1,843   | 2,552   | 1,852 |
| 1                   | 13.333    | 0,845                   | 1,003   | 1,136   | 2,356   | 1,938   | 1,904   | 1,530 |
| 2                   | 13.333    | 0,896                   | 1,801   | 1,569   | 1,641   | 2,273   | 1,869   | 1,675 |
| 3                   | 13.333    | 0,891                   | 1,474   | 1,661   | 1,579   | 2,306   | 1,893   | 1,634 |
| 4                   | 13.333    | 1,024                   | 1,596   | 1,505   | 2,389   | 2,316   | 2,083   | 1,819 |
| Média               |           | 0,914                   | 1,469   | 1,468   | 1,991   | 2,208   | 1,937   | 1,665 |
| 1                   | 20.000    | 0,725                   | 0,910   | 0,960   | 1,238   | 1,091   | 1,599   | 1,087 |
| 2                   | 20.000    | 0,570                   | 0,724   | 1,018   | 1,673   | 1,743   | 2,313   | 1,340 |
| 3                   | 20.000    | 0,765                   | 1,013   | 1,030   | 1,069   | 0,651   | 1,654   | 1,030 |
| 4                   | 20.000    | 0,585                   | 0,919   | 1,188   | 1,091   | 1,014   | 1,171   | 0,995 |
| Média               |           | 0,661                   | 0,661   | 0,892   | 1,049   | 1,268   | 1,125   | 1,684 |
| Média das colheitas |           | 1,224                   | 2,203   | 2,269   | 2,775   | 2,617   | 3,166   | 2,376 |

#### 4.1.1. Modelo de ajuste

Os ajustes foram realizados através de modelos de equações de regressão. Para a determinação do modelo utilizado na correção entre densidades, foram avaliadas 17 equações, sendo selecionado um grupo de equações com bons coeficientes de determinação ( $r^2$ ). Dentre estas foi selecionada a equação com melhor representatividade ao fenômeno biológico em estudo (efeito de densidades) com base no conhecimento pré-existente e que não apresentasse grande complexibilidade matemática. O modelo potencial de regressão escolhido é descrito pela equação  $y = a x^b$ .

A partir deste, foram feitos os ajustes no espaço, dentro de cada parcela, com os dados de produção obtidos planta. As densidades estudadas compuseram o eixo x, variável independente, e as produções tidas como variável resposta (dependente) plotadas no eixo y. Os coeficientes da função ajustada aos dados de produção total de raízes por planta encontram-se na tabela 6.

A partir dos modelos de ajuste estimados, foram calculados os valores das variáveis resposta em  $\text{kg.planta}^{-1}$ , nas datas de colheita propostas (180 a 480 dap) espaçadas dois meses. As médias dos valores estimados nas quatro repetições em cada colheita, foram utilizadas para a correção final, realizada no tempo, estabelecendo as curvas de produção temporais.

**Tabela 6.** Coeficientes da função  $y = a x^b$ , utilizada no ajuste dos dados de produção total de raízes em  $\text{kg.planta}^{-1}$ . Ajuste inicial no espaço.

| Colheitas (dias) | Repetições | Coeficientes da função $y = a x^b$ |                      |       |
|------------------|------------|------------------------------------|----------------------|-------|
|                  |            | a                                  | b                    | $r^2$ |
| 180              | 1          | 171,97                             | -5,50 <sup>-01</sup> | 0,79  |
| 180              | 2          | 1527,52                            | -7,99 <sup>-01</sup> | 0,92  |
| 180              | 3          | 587,51                             | -6,77 <sup>-01</sup> | 0,97  |
| 180              | 4          | 2277,68                            | -8,35 <sup>-01</sup> | 0,79  |
| 240              | 1          | 2904,32                            | -8,20 <sup>-01</sup> | 0,91  |
| 240              | 2          | 58112,08                           | -1,12                | 0,95  |
| 240              | 3          | 1039,63                            | -6,79 <sup>-01</sup> | 0,86  |
| 240              | 4          | 10312,45                           | -9,41 <sup>-01</sup> | 0,77  |
| 300              | 1          | 169837,50                          | -1,26                | 0,83  |
| 300              | 2          | 17951,53                           | -1,00                | 0,86  |
| 300              | 3          | 15735,87                           | -9,80                | 0,82  |
| 300              | 4          | 6152,69                            | -8,77 <sup>-01</sup> | 0,78  |
| 360              | 1          | 7868,47                            | -8,75 <sup>-01</sup> | 0,90  |
| 360              | 2          | 441,69                             | -5,77 <sup>-01</sup> | 0,60  |
| 360              | 3          | 54070,86                           | -1,11                | 0,87  |
| 360              | 4          | 3240,67                            | -7,72 <sup>-01</sup> | 0,94  |
| 420              | 1          | 10283,69                           | -9,16 <sup>-01</sup> | 0,95  |
| 420              | 2          | 16286,25                           | -9,67 <sup>-01</sup> | 0,71  |
| 420              | 3          | 16890,72                           | -9,86 <sup>-01</sup> | 0,81  |
| 420              | 4          | 1561,71                            | -7,09 <sup>-01</sup> | 0,89  |
| 480              | 1          | 7001,41                            | -8,68 <sup>-01</sup> | 0,80  |
| 480              | 2          | 7258,83                            | -8,52 <sup>-01</sup> | 0,89  |
| 480              | 3          | 7346,38                            | -8,61 <sup>-01</sup> | 0,84  |
| 480              | 4          | 21313,62                           | -9,79 <sup>-01</sup> | 0,88  |

Para a correção final (no tempo) foi utilizado o modelo de regressão polinomial do terceiro grau descrito por  $y = a + b x + b_1 x^2 + b_2 x^3$ , por ajustar-se bem ao desenvolvimento inicial das plantas, término do primeiro ciclo com a diminuição da marcha de crescimento e a retomada do desenvolvimento no início do segundo ciclo, período este avaliado no ensaio. Para sua escolha foi utilizada a densidade de 10.000 plantas. $\text{ha}^{-1}$ , por representar o padrão de crescimento mais conhecido para a variedade IAC 576-70 nas condições do Estado de São Paulo.

O ajuste final foi realizado utilizando o tempo em dias após o plantio compondo o eixo x como variável independente, e a média das produções ( $\text{kg.planta}^{-1}$ ) das quatro repetições, estimadas a partir do ajuste inicial, compondo o eixo y como variável resposta. Os coeficientes para o modelo  $y = a + b x + b_1 x^2 + b_2 x^3$  encontram-se na tabela 7.

**Tabela 7.** Coeficientes da função  $y = a + b x + b_1 x^2 + b_2 x^3$ , utilizada no ajuste dos dados de produção total de raízes em  $\text{kg.planta}^{-1}$ . Ajuste final no tempo.

| Densidades | Coeficientes da função $y = a + b x + b_1 x^2 + b_2 x^3$ |                     |                      |                     |       |
|------------|--|---------------------|----------------------|---------------------|-------|
|            | a  | b                   | $b_1$                | $b_2$               | $r^2$ |
| 20.000     | -3,66 <sup>-1</sup>                                      | 9,14 <sup>-03</sup> | -2,02 <sup>-05</sup> | 1,79 <sup>-08</sup> | 0,85  |
| 13.333     | -1,41  | 2,16 <sup>-02</sup> | -5,43 <sup>-05</sup> | 4,93 <sup>-08</sup> | 0,90  |
| 10.000     | -2,62  | 3,55 <sup>-02</sup> | -9,25 <sup>-05</sup> | 8,45 <sup>-08</sup> | 0,94  |
| 8.000      | -3,94  | 5,04 <sup>-02</sup> | -1,34 <sup>-04</sup> | 1,22 <sup>-07</sup> | 0,96  |
| 6.667      | -5,35  | 6,62 <sup>-02</sup> | -1,78 <sup>-04</sup> | 1,63 <sup>-07</sup> | 0,97  |
| 5.714      | -6,84  | 8,26 <sup>-02</sup> | -2,23 <sup>-04</sup> | 2,05 <sup>-07</sup> | 0,98  |
| 5.000      | -8,37  | 9,95 <sup>-02</sup> | -2,70 <sup>-04</sup> | 2,48 <sup>-07</sup> | 0,98  |

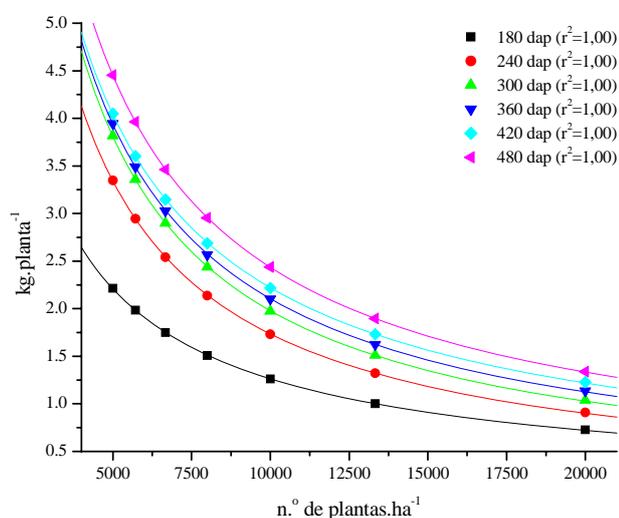
#### 4.1.2. Produção total de raízes por planta

A produção de raízes por planta se mostra importante no estudo das densidades populacionais, demonstrando seus efeitos individualizados nas plantas, porém não elucidada as produtividades sofrem efeito multiplicativo em escala, a depender do número de plantas por unidade de área de cada densidade avaliada. A maioria dos estudos de densidade populacional concentra-se na produtividade por área, deixando a parte um importante parâmetro para a análise da qualidade da produção e seus reflexos, que são melhor observados individualmente.

Os dados ajustados da produção de raízes por planta são apresentados na figura 5. Observa-se como esperado, redução do rendimento de raízes por planta com o aumento das densidades devido ao menor desenvolvimento das plantas submetidas a maior competição.

Essa redução significativa do rendimento por planta se dá pela maior competição principalmente por luz, que em maiores densidades têm sua disponibilidade reduzida pelo sombreamento das plantas vizinhas. Há ainda uma menor disponibilidade de luz dentro do dossel foliar, devido ao menor número de folhas expostas ao Sol, ocasionado pelo sombreamento das folhas mais superficiais sobre as folhas mais interiores. Folhas que se encontram sombreadas têm a atividade fotossintética reduzida ou mesmo paralisada, mantendo o consumo de carboidratos pela respiração, proporcionando um menor saldo de assimilados gerados pela fotossíntese líquida.

Outro fator de grande importância na competição entre plantas ocorre no solo, por água e nutrientes. Plantas submetidas maiores densidades populacionais têm o volume destinado ao desenvolvimento e exploração radicular reduzida, por comportar um maior número de indivíduos. A água e nutrientes disponíveis ao crescimento nessas condições são absorvidos por um maior número de plantas, ocasionando os menores desenvolvimentos observados.



**Figura 5.** Produção de raízes por planta em seis idades de colheita e curvas de regressão segundo o modelo  $y = a x^{-b}$ , em função das densidades de plantio. Assis, SP, 2001/2002.

A redução da produção de raízes por planta ocorre em todas as idades de colheita com o aumento do número de plantas.ha<sup>-1</sup> (figura 5). Os maiores rendimentos foram observados nas densidades de 5.000 plantas.ha<sup>-1</sup> decrescendo de forma potencial até 20.000 plantas.ha<sup>-1</sup>. Em média esta redução variou de 3,683 para 1,063 kg. planta<sup>-1</sup> respectivamente, o que corresponde a aproximadamente 71 % de redução nos rendimentos por planta.

Aos 180 dap observa-se em média 2,214 kg.planta<sup>-1</sup> na densidade de 5.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, 1,261 kg em 10.000 plantas.ha<sup>-1</sup> e somente 0,728 kg na densidade de 20.000 plantas.ha<sup>-1</sup>. Observa-se assim, um elevado decréscimo nas produções de raízes por planta com o aumento das densidades. Na colheita realizadas aos 240 dap nota-se uma diferença ainda maior da produção individual passando de 3,348 kg.planta<sup>-1</sup> em 5.000 plantas.ha<sup>-1</sup> para 0,909 kg.planta<sup>-1</sup> na densidade de 20.000 planta.ha<sup>-1</sup>. Essa tendência de redução dos rendimentos por planta ocorre também nas colheitas mais tardias como pode ser observado na figura 5. As produções individuais obtidas nas menores densidade avaliadas são consideradas bastante elevadas, mesmo aos 180 dap, denotando o acelerado desenvolvimento das raízes nas menores densidades em função da reduzida competição entre as plantas.

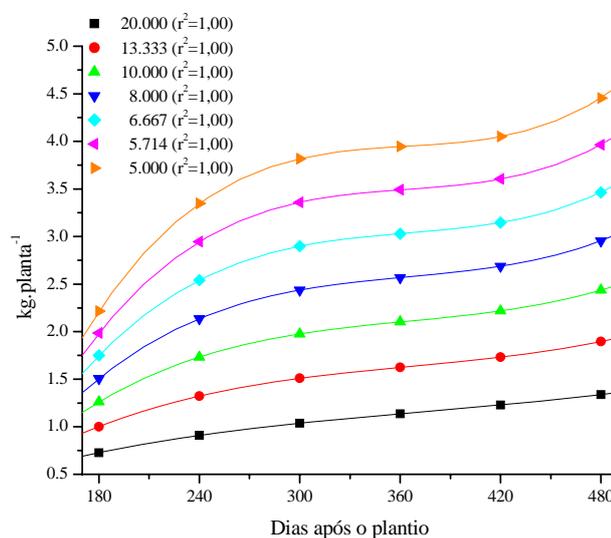
Os dados de produção ajustados por planta, conforme discutido anteriormente forneceram respostas significativas a equação de regressão descrita pelo modelo  $y = a x^b$ , demonstrando a redução dos rendimentos por planta com o aumento das densidades, e seus respectivos coeficientes encontram-se descritos na tabela 8.

**Tabela 8.** Coeficientes da equação de regressão  $y = a x^b$ , para os dados ajustados da produção total de raízes por planta em seis idades de colheita.

| Colheitas (dias) | Coeficientes da função $y = a x^b$ |                      |                |
|------------------|------------------------------------|----------------------|----------------|
|                  | a                                  | b                    | r <sup>2</sup> |
| 180              | 2137,69                            | -8,07 <sup>-01</sup> | 1,00           |
| 240              | 10541,27                           | -9,46 <sup>-01</sup> | 1,00           |
| 300              | 11935,39                           | -9,45 <sup>-01</sup> | 1,00           |
| 360              | 8638,11                            | -9,03 <sup>-01</sup> | 1,00           |
| 420              | 6378,47                            | -8,65 <sup>-01</sup> | 1,00           |
| 480              | 7327,93                            | -8,70 <sup>-01</sup> | 1,00           |

Na figura 6, observar-se as curvas de produção de raízes avaliadas no tempo. Os maiores rendimentos foram obtidos aos 480 dap, em todas as densidades avaliadas, por se tratar de uma planta semi-perene que armazena carboidratos constantemente em suas raízes tuberosas. Os rendimentos de raízes por planta no tempo, entre as densidades avaliadas variaram em média de 1,492 para 2,929 kg.planta<sup>-1</sup>, entre às colheita realizadas aos 180 dap e 480 dap respectivamente, o que corresponde a um acréscimo de 96 %, porém com grandes variações entre as densidades.

Observa-se claramente a maior taxa de crescimento de raízes para todas as densidades, nas primeiras colheitas até os 300 dap, a partir da qual, esta taxa diminuí em função do encerramento do ciclo, onde ocorre a queda das folhas nos períodos mais secos e frios, correspondentes aos meses de abril a agosto (figura 1 e 2). A partir de agosto (420 dap), em virtude das boas precipitações e temperaturas mais elevadas, as plantas emitiram novas folhas iniciando o segundo ciclo, retomando o desenvolvimento mais acentuado das raízes (figura 6).



**Figura 6.** Produção de raízes por planta nas densidades de plantio e curvas de regressão segundo o modelo  $y = a + b x + b_1 x^2 + b_2 x^3$ , em função das idades de colheita. Assis, SP, 2001/2002.

Menores variações entre as densidades avaliadas no tempo ocorreram nas primeiras colheitas devido ao menor desenvolvimento das plantas nesta época, ocasionando uma menor competição entre elas, principalmente nas maiores densidades, onde a competição é ainda mais atenuada, em relação as colheitas posteriores. Esta diferença é maior nas colheitas mais avançadas em virtude do maior desenvolvimento

das plantas, que em condições de elevadas densidades populacionais, submetem-se a grandes competições (figura 6).

O aumento nos rendimentos de raízes por planta no tempo é maior nas menores densidades, variando em média de 2,214 para 4,454 kg.planta<sup>-1</sup>, aumentando 2,240 kg de raízes na densidade de 5.000 plantas.ha<sup>-1</sup> dos 180 aos 480 dap. Já nas maiores densidades esta variação é menor, de 0,728 a 1,338 kg.planta<sup>-1</sup> na densidade de 20.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, com um acréscimo de 0,610 kg de raízes entre a primeira e a última colheita (figura 6). Os dados ajustados permitiram boa visualização das respostas dos efeitos temporais através do modelo de regressão descrito por  $y = a + b x + b_1 x^2 + b_2 x^3$ , conforme pode ser observado na figura 6, e seus coeficientes são apresentados na tabela 9.

**Tabela 9.** Coeficientes da equação de regressão  $y = a + b x + b_1 x^2 + b_2 x^3$ , para os dados ajustados da produção total de raízes por planta em função das épocas de colheita.

| Densidades | Coeficientes da função $y = a + b x + b_1 x^2 + b_2 x^3$ |                     |                      |                     | $r^2$ |
|------------|--|---------------------|----------------------|---------------------|-------|
|            | a  | b                   | $b_1$                | $b_2$               |       |
| 20.000     | -3,62 <sup>-01</sup>                                     | 9,10 <sup>-05</sup> | -2,01 <sup>-05</sup> | 1,77 <sup>-08</sup> | 1,00  |
| 13.333     | -1,42  | 2,16 <sup>-02</sup> | -5,44 <sup>-05</sup> | 4,94 <sup>-08</sup> | 1,00  |
| 10.000     | -2,61  | 3,54 <sup>-02</sup> | -9,24 <sup>-05</sup> | 8,44 <sup>-08</sup> | 1,00  |
| 8.000      | -3,93  | 5,03 <sup>-02</sup> | -1,34 <sup>-04</sup> | 1,22 <sup>-07</sup> | 1,00  |
| 6.667      | -5,35  | 6,62 <sup>-02</sup> | -1,78 <sup>-04</sup> | 1,63 <sup>-07</sup> | 1,00  |
| 5.714      | -6,83  | 8,25 <sup>-02</sup> | -2,23 <sup>-04</sup> | 2,04 <sup>-07</sup> | 1,00  |
| 5.000      | -8,38  | 9,95 <sup>-02</sup> | -2,70 <sup>-04</sup> | 2,48 <sup>-07</sup> | 1,00  |

Nas maiores densidades, em especial na de 20.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, pode-se observar uma menor redução na taxa de crescimento, nos períodos de repouso fisiológico (300 a 420 dap), comparada a encontrada nas menores densidades. Esse fenômeno ocorre nas maiores densidades em função dos efeitos competitivos entre raízes e parte aérea, que durante o primeiro ciclo (180 aos 300 dap) apresentam elevada competição por assimilados entre raízes e parte aérea, com pequeno saldo acumulável nas raízes tuberosas. Dessa forma, ocorre um maior acúmulo de carboidratos na parte aérea, principalmente nas hastes, que são drenados para as raízes no período de repouso fisiológico (300 aos 420 dap), acarretando as maiores taxas de crescimento relativo nesta

época para as plantas submetidas às maiores densidades. Essa característica pode ser observada também pelos baixos IC encontrados nas densidades acima de 13.333 plantas.ha<sup>-1</sup> que serão discutidos no item 4.4.

Plantas desenvolvidas em menores densidades apresentam uma maior capacidade de dreno das raízes, conseqüentemente, maior desenvolvimento destas em condições de menor competição (COCK et al., 1977; WILLIAMS, 1972). Essa característica pode ser observada no presente ensaio pelo maior número de raízes por planta e pela maior massa média de raízes observadas nas menores densidades, discutidas nos itens 4.3.1 e 4.3.2. Assim, o menor acúmulo de carboidratos na parte aérea das plantas submetidas a baixos níveis de competição espacial, se reflete na maior taxa de crescimento das raízes no primeiro ciclo dos 180 aos 300 dap, e maior decréscimo na taxa de crescimento no período de repouso fisiológico, uma vez que grande parte dos carboidratos produzidos são armazenados nas raízes promovendo um menor acúmulo destes na parte aérea a serem translocados para as raízes no período de repouso fisiológico (300 aos 420 dap). Observa-se na figura 6 que a taxa de crescimento das raízes no período de repouso fisiológico (300 aos 420 dap) diminuí gradativamente com a redução da densidade populacional.

Os acréscimos nos rendimentos a partir dos 420 dap ocorrem em função do início do segundo ciclo vegetativo (figura 6), e foram mais acentuados nas menores densidades, possivelmente devido aos maiores suprimentos de carboidratos armazenados nas raízes, que foram mobilizados para a emissão de novas folhas, proporcionando maiores taxas de crescimento no segundo ciclo. Esse efeito pode ser observado na figura 6 principalmente para as densidades de 5.000 e 5.714 plantas.ha<sup>-1</sup>.

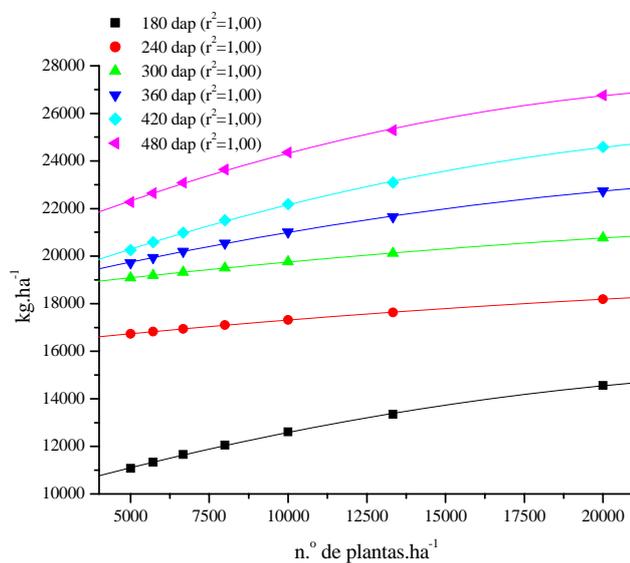
A menor taxa de crescimento observada na densidade de 20.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, a partir dos 420 dap (figura 6), ocorreu devido ao menor acúmulo de carboidratos armazenados nas raízes, menos desenvolvidas nestas condições, a serem hidrolisados para a emissão de novas brotações. Tal característica pode ainda ser justificada pela maior competição entre as plantas, já desenvolvidas neste período nas altas densidades, o que influenciou negativamente na taxa de crescimento, proporcionando menores acréscimos nos rendimentos de raízes a partir dos 420 dap.

Alterações fisiológicas no desenvolvimento das raízes de mandioca em diferentes densidades populacionais ocorrem de duas formas. Em altos níveis de competição, há uma predominância de desenvolvimento da parte aérea em função de sua maior capacidade de dreno, que reduz o desenvolvimento das raízes. Já em baixos níveis de competição, o crescimento das raízes é mais rápido com a formação de raízes maiores, porém com elevado decréscimo na taxa de crescimento no período de repouso fisiológico. Em virtude do acelerado desenvolvimento das raízes em plantas submetidas a uma menor competição espacial, esta característica pode ser utilizada como instrumento de exploração da precocidade em raízes de mandioca de mesa a serem colhidas até 12 meses após o plantio.

#### **4.1.2. Produção total de raízes por unidade de área**

A produção de raízes por unidade de área em função das densidades pode ser observada na figura 7. Independentemente das épocas de colheita avaliadas ocorreram aumentos nas produtividades com o incremento das densidades. Esta variação, em média, foi de 18.189 a 21.265 kg.ha<sup>-1</sup>, proporcionando um acréscimo na ordem de 14 % entre a menor a maior densidade. As produções estimadas em kg.ha<sup>-1</sup> em função das densidades, adequaram-se satisfatoriamente ao modelo de regressão polinomial do 2º grau  $y = a + b x + b_1 x^2$ , como pode ser observado na figura 7. Os coeficientes das equações são apresentados na tabela 10.

A pequena variação observada na produtividade por unidade de área, na ampla faixa de densidade populacional estudada, pode ser explicada em virtude das plantas de mandioca possuírem uma capacidade de desenvolvimento de raízes bastante plástica, ajustando-se as condições elevada competição impostas pelas maiores densidades e ainda produzirem quantidades consideráveis de raízes. Estas pequenas produções individuais, obtidas nas maiores densidades, ao serem multiplicadas pelo elevado número de plantas, proporcionaram os maiores rendimentos por unidade de área como pode ser observado na figura 7.



**Figura 7.** Produção de raízes por ha em seis épocas de colheita e curvas de regressão segundo o modelo  $y = a + b x + b_1 x^2$ , em função das densidades de plantio. Assis, SP, 2001/2003.

**Tabela 10.** Coeficientes da equação de regressão  $y = a + b x + b_1 x^2$ , para os dados ajustados da produção total de raízes por ha em função das densidades de plantio.

| Colheitas (dias) | Coeficientes da função $y = a + b x + b_1 x^2$ |              |               |       |
|------------------|--|--------------|---------------|-------|
|                  | a  | b            | $b_1$         | $r^2$ |
| 180              | 9281,70  | $3,98^{-01}$ | $-6,73^{-06}$ | 1,00  |
| 240              | 16076,57                                       | $1,42^{-01}$ | $-1,82^{-06}$ | 1,00  |
| 300              | 18329,10                                       | $1,63^{-01}$ | $-2,06^{-06}$ | 1,00  |
| 360              | 18235,49                                       | $3,27^{-01}$ | $-5,13^{-06}$ | 1,00  |
| 420              | 17996,65                                       | $5,03^{-01}$ | $-8,70^{-06}$ | 1,00  |
| 480              | 19809,23                                       | $5,56^{-01}$ | $-1,04^{-05}$ | 1,00  |

Em trabalho publicado por NORMANHA E PEREIRA (1950) reunindo 10 ensaios avaliando 12 espaçamentos originando densidades variando de 9.000 a 31.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, conduzidos em três localidades do Estado de São Paulo, pode-se observar

através de equação de regressão plotadas a partir dos dados publicados, efeito quadrático ( $r^2 = 0,71$ ) das densidades de plantio, originando respostas positivas ao aumento das densidades em raízes colhidas aos 12 meses. Estes acréscimos ocorreram até a densidade aproximada de 23.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, a partir da qual observa-se reduções na produtividade com o aumento da população de plantas. Para as raízes colhidas aos 24 meses ( $r^2 = 0,83$ ), houve um incremento constante em função das densidades, com a máxima produção por unidade de área obtida com a maior densidade avaliada (31.000 plantas.ha<sup>-1</sup>), não existindo ponto de inflexão.

Diversos autores demonstram acréscimos nas produções com aumentos nas densidades de plantio (COCK et al., 1977; ENYI, 1973; MONDARDO, et al. 1995, NORMANHA E PEREIRA, 1950). Outros autores ainda demonstram diminuições nas produções de raízes por unidade de área, aumentando as densidades (FURTADO et al., 1980; BARROS et al., 1978; MONDARDO et al., 1995; SAMPAIO E CONCEIÇÃO, 1975).

Porém pode-se encontrar diferentes respostas às variações nas densidades de plantio dependendo das características de cada variedade (COCK et al., 1979; HUNT, 1977), que como sabemos, são extremamente variáveis quanto ao porte, hábito de ramificação, largura dos lóbulos foliares entre outros fatores. Outra característica que pode influenciar no desenvolvimento das plantas além das condições ambientais (COCK et al., 1977; ENYI, 1973), é o tipo de solo, que apresentando condições de maior fertilidade pode proporcionar maior desenvolvimento das plantas, e portanto maior competição espacial em menores densidades (ALBUQUERQUE, 1969; NORMANHA E PEREIRA, 1952; SANTOS et al., 1972; SILVA, 1970). Desta forma menores densidades são recomendadas para solos com boa fertilidade, enquanto que, as maiores densidades proporcionam os maiores rendimentos em solos de baixa fertilidade.

Além destas diversas variações, as respostas obtidas em estudos de densidades populacionais, dependem ainda dos extremos populacionais avaliados, que são bastante variáveis entre os diversos trabalhos. Todas estas diferenças justificam a grande variabilidade nos resultados obtidos pelos diversos autores citados.

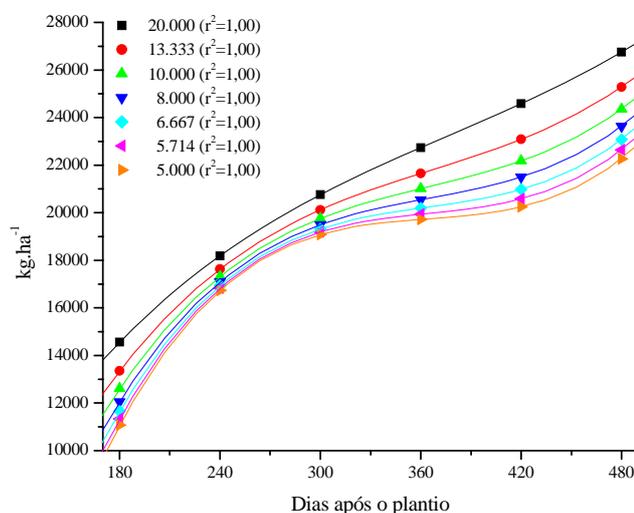
COCK et al. (1977), ENYI (1973) e NORMANHA E PEREIRA (1950), observaram em alguns cultivares estudadas, reduções nos rendimentos com o aumento das

densidades a partir de uma faixa populacional considerada ideal. Outros autores também encontraram maiores rendimentos com densidades intermediárias aos extremos populacionais avaliados (ANDRADE E CORRÊA, 1991; TÁVORA et al., 1982; WILLIAMS E GHAZALI, 1969). O que se pode sugerir de forma abrangente é que existe uma faixa ideal de população, a partir da qual, os rendimentos por unidade de área tendem a diminuir com o aumento das densidades.

Os resultados de produção por unidade de área neste trabalho concordam os resultados publicados. Pode-se afirmar que, altas variações nas densidades populacionais causam alterações na produtividade de raízes. Todavia, é possível o manejo das densidades de plantio proporcionando maiores produções com alterações no espaçamento.

Observando as produtividades obtidas em função do tempo (figura 8), fica bastante claro o incremento na produção de raízes, em todas as densidades avaliadas, variando em média de 12.377 a 24.004 kg.ha<sup>-1</sup> dos 180 aos 480 dap, proporcionando um aumento na produção da ordem de 94 %. As maiores velocidades de crescimento ocorreram até os 300 dap que corresponde a um acréscimo médio de 59 % neste período, e podem ser observadas pelas maiores inclinações das curvas de resposta, principalmente nas menores densidades, onde as plantas desenvolveram-se em menor competição.

Os dados ajustados das produções totais de raízes, observados em função do tempo, demonstram respostas que se ajustam bem ao modelo de regressão polinomial do terceiro grau descrito por  $y = a + b x + b_1 x^2 + b_2 x^3$ , como podem ser observadas nas curvas apresentadas na (figura 8). Os coeficientes da função utilizada para a descrição dos efeitos temporais para as densidades são apresentados na tabela 11.



**Figura 8.** Produção de raízes por ha nas densidades de plantio e curvas de regressão segundo o modelo  $y = a + b x + b_1 x^2 + b_2 x^3$ , em função das idades de colheita. Assis, SP, 2001/2002.

**Tabela 11.** Coeficientes da equação de regressão  $y = a + b x + b_1 x^2 + b_2 x^3$ , para os dados ajustados da produção total de raízes por ha, em função das épocas de colheita.

| Densidades | Coeficientes da função $y = a + b x + b_1 x^2 + b_2 x^3$ |        |               |              |       |
|------------|--|--------|---------------|--------------|-------|
|            | a  | b      | $b_1$         | $b_2$        | $r^2$ |
| 20.000     | -7318,79   | 182,74 | $-4,04^{-01}$ | $3,57^{-04}$ | 1,00  |
| 13.333     | -18844,02  | 287,81 | $-7,24^{-01}$ | $6,57^{-04}$ | 1,00  |
| 10.000     | -26178,19  | 354,64 | $-9,25^{-01}$ | $8,45^{-04}$ | 1,00  |
| 8.000      | -31528,21  | 403,17 | -1,07         | $9,80^{-04}$ | 1,00  |
| 6.667      | -35686,40  | 441,11 | -1,18         | $1,08^{-03}$ | 1,00  |
| 5.714      | -39074,79  | 471,89 | -1,28         | $1,17^{-03}$ | 1,00  |
| 5.000      | -41872,21  | 497,35 | -1,35         | $1,24^{-03}$ | 1,00  |

O desenvolvimento inicial mais acelerado, até os 300 dap se dá em função das plantas possuírem neste período elevada área foliar em plena atividade fotossintética, que decai posteriormente no período dos 300 aos 420 dap em função do encerramento do ciclo com a queda da temperatura e ausência de chuvas. Esse desenvolvimento mais acentuado ocorre ainda porque as plantas nas primeiras colheitas apresentam-se pouco desenvolvidas ocasionando menor competição espacial, principalmente nas menores

densidades, quando comparadas à retomada do desenvolvimento no segundo ciclo a partir dos 420 dap.

As maiores diferenças nos rendimentos em função das densidades, ocorrem nas colheitas mais tardias em relação às mais precoces, como pode ser observado pelas maiores proximidades das curvas de resposta das densidades nas primeiras colheitas, principalmente entre os 240 e 300 dap, comparadas às colheitas mais avançadas a partir dos 360 dap (figura 8).

A evolução do crescimento das raízes de mandioca nas condições do Estado de São Paulo é bastante estudada até o término do primeiro ciclo, até os 12 meses, quando as colheitas são comumente realizadas. Esta evolução dos rendimentos de raízes no tempo pode ser observada em trabalho realizado por LORENZI et al. (1981) a partir de gráfico apresentado para dois cultivares de mandioca, que demonstra padrão sigmóide para o desenvolvimento de raízes, com o crescimento lento no início dos 60 aos 120 dap, desenvolvimento mais acentuado dos 120 aos 240 dap, e decorrente redução da velocidade de crescimento a partir dos 240 dap, em virtude do término do primeiro ciclo e início do período de repouso fisiológico no inverno.

Todavia, existem inúmeros trabalhos que relatam as produções com um e dois ciclos, 12 e 24 meses respectivamente, onde podem ser observados grandes incrementos nas produções obtidas com dois ciclos, em virtude da retomada do crescimento com a emissão de novas folhas após o período de repouso fisiológico e conseqüente maior produção de raízes em mais um ciclo vegetativo (LORENZI E DIAS, 1993; NORMANHA E PEREIRA, 1950).

A curva de crescimento de mandioca envolvendo os dois ciclos de crescimento das plantas (até 24 meses) pode ser observada em trabalho realizado por COURTS (1951) em Madagascar, situada em latitude próxima às encontradas no Estado de São Paulo e com condições climáticas similares. Neste trabalho observa-se claramente o crescimento acelerado das raízes do quarto ao oitavo mês após o plantio, à diminuição desta marcha do nono ao décimo sexto mês em virtude do período de repouso fisiológico, e a retomada do crescimento a partir do décimo sétimo mês com o início do segundo ciclo vegetativo. Estas variações nas taxas de crescimento das raízes seguem os mesmos

padrões de crescimento do primeiro ciclo, também no segundo ciclo proporcionando acréscimos nos rendimentos de raízes.

A partir dos dados do presente ensaio, pode-se observar no período dos 300 aos 420 dap, o crescimento pouco expressivo das raízes nas menores densidades, e mais pronunciado nas densidades mais elevadas (figura 8). Possivelmente esta diferença ocorra em virtude da capacidade de translocação de assimilados acumulados na parte aérea discutida anteriormente no item 4.1.2., onde as maiores translocações de assimilados da parte aérea para as raízes ocorreriam nas maiores densidades, em função da menor capacidade de dreno expressa pelas raízes no primeiro ciclo, ocasionando um maior acúmulo de carboidratos nas hastes.

Pequenos acréscimos nos rendimentos de raízes por planta, ocasionados possivelmente pela translocação de assimilados, nos períodos de repouso fisiológico, são mais expressivos nas maiores densidades, devido ao maior número de plantas por unidade de área, promovendo efeito multiplicativo nestes pequenos acréscimos individuais no período dos 300 aos 420 dap.

Nos períodos de maior atividade fisiológica, demonstrada pelas elevadas taxas de crescimento das raízes, dos 180 aos 300 dap (primeiro ciclo) e dos 420 aos 480 dap (início do segundo ciclo), simultaneamente ao desenvolvimento das raízes ocorre também o desenvolvimento da parte aérea, que acaba por competir pelos fotoassimilados necessários ao desenvolvimento de ambas as partes. Esta competição é maior nas maiores densidades em função da menor capacidade de dreno das raízes, que são menos desenvolvidas nestas condições, e podem promover menores taxas de crescimento nos períodos de elevada atividade fisiológica, comparados às menores densidades conforme pode ser observado na figura 8.

Plantas submetidas a maiores densidades populacionais apresentam menor índice de colheita e menor desenvolvimento de raízes tuberosas, em função da menor capacidade de dreno das raízes (COCK et al., 1977; WILLIAMS, 1973). Possivelmente, durante o desenvolvimento das plantas ocorre um maior acúmulo de carboidratos solúveis nas hastes das plantas submetidas às maiores densidades, por conta da menor capacidade de dreno de suas raízes tuberosas, que seriam traslocados para as raízes no

período se repouso fisiológico, originando maior taxa de crescimento nas maiores densidades avaliadas (figura 8).

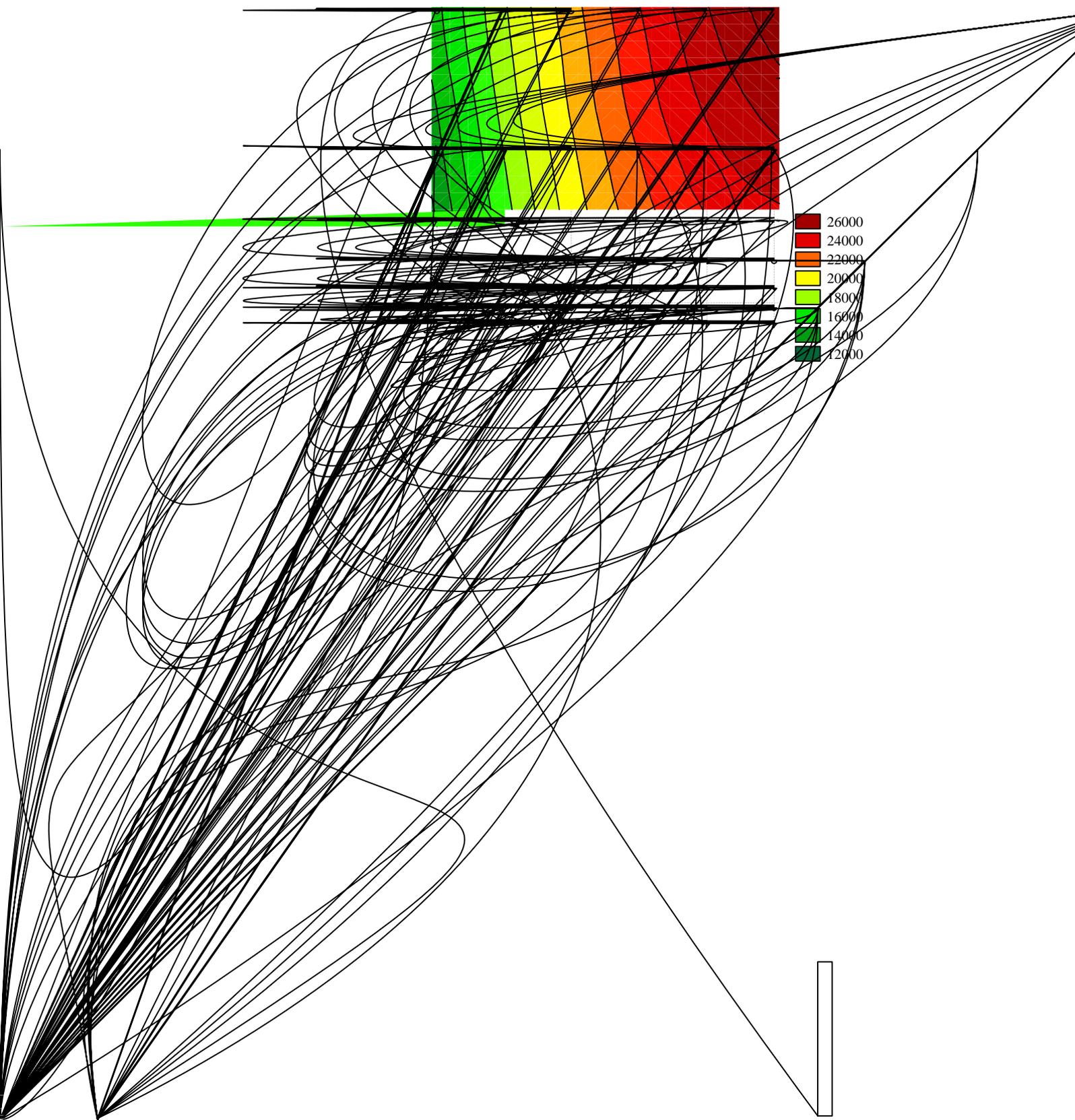
A retomada do crescimento a partir dos 420 dap é fenômeno típico do início do segundo ciclo e, é mais acentuado nas menores densidades, possivelmente devido a maior quantidade de amido armazenado nas raízes que seriam prontamente mobilizados para a emissão de novas folhas, proporcionando uma maior capacidade fotossintética e produção de açúcares, refletida no rendimento de raízes (figura 8). Enquanto que, nas maiores densidades, as plantas encontram-se em maior competição espacial prejudicando a produção de carboidratos no início do segundo ciclo, possuindo ainda menor reserva de carboidratos armazenados nas raízes a serem mobilizadas para as novas brotações, refletindo na menor taxa de crescimento a partir dos 420 dap.

Devido à natureza do delineamento experimental, as parcelas onde foram avaliadas as maiores densidades populacionais a exemplo de 20.000 plantas.ha<sup>-1</sup> (parcela de 5 m<sup>2</sup>), proporcionaram uma amostragem menor quando os valores são extrapolados para os rendimentos por unidade de área, comparadas as maiores densidades, a exemplo de 5.000 plantas.ha<sup>-1</sup> (figura 3). Esta condição pode ocasionar uma menor precisão experimental nos rendimentos por unidade de área nas maiores densidades avaliadas em relação as menores, que têm uma melhor representatividade espacial, como pode ser observado nos coeficientes de determinação apresentados na (tabela 7).

A interação entre densidades e idades de colheita das plantas, os dados foram analisados em superfície de resposta pela distância ponderada entre os quadrados mínimos através do programa Statistica (STATSOFT, 1984 - 2001). As isolíneas de mesmo nível são apresentadas em gráfico de área (figura 9), onde observa-se as respostas das interações entre os fatores em estudo e seus respectivos níveis, discutidos anteriormente.

De maneira geral, através dos efeitos estudados para a produção total de raízes, obtêm-se elevadas produções com altas densidades de plantio, evoluindo no tempo. Os menores intervalos entre as isolíneas de resposta nas colheitas mais precoces demonstram a maior taxa de crescimento neste período, e nos maiores intervalos observados nas colheitas mais avançadas verifica-se a menor taxa de crescimento. A

figura 9 mostra, elevadas produções da ordem de 24.000 kg.ha<sup>-1</sup>, obtidas a partir dos 360 dap para a densidade de 20.000 plantas.ha<sup>-1</sup> e avançando até os 480 dap, estes níveis de produtividade só podem ser atingidos com populações acima de 8.000 plantas.ha<sup>-1</sup>.



**Tabela 12.** Produção comercial de raízes por planta obtida nas sub-parcelas, nas seis colheitas avaliadas. Assis, SP, 2001/2002.

| Repetições           | Densidade | kg.planta <sup>-1</sup> |         |         |         |         |         | Média |
|----------------------|-----------|-------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
|                      |           | Colh. 1                 | Colh. 2 | Colh. 3 | Colh. 4 | Colh. 5 | Colh. 6 |       |
| 1                    | 5.000     | 0,871                   | 0,858   | 3,209   | 4,118   | 3,329   | 3,280   | 2,611 |
| 2                    | 5.000     | 0,697                   | 2,489   | 2,619   | 2,316   | 3,565   | 5,093   | 2,796 |
| 3                    | 5.000     | 0,995                   | 1,785   | 2,268   | 2,801   | 2,843   | 3,815   | 2,418 |
| 4                    | 5.000     | 0,569                   | 3,395   | 1,938   | 4,108   | 2,581   | 4,691   | 2,880 |
| Média                |           | 0,783                   | 2,132   | 2,508   | 3,335   | 3,079   | 4,220   | 2,676 |
| 1                    | 5.714     | 0,715                   | 0,673   | 1,611   | 3,236   | 3,261   | 4,223   | 2,286 |
| 2                    | 5.714     | 0,606                   | 2,574   | 2,284   | 2,868   | 3,476   | 4,350   | 2,693 |
| 3                    | 5.714     | 0,710                   | 2,391   | 2,339   | 2,448   | 2,423   | 4,008   | 2,386 |
| 4                    | 5.714     | 0,423                   | 1,767   | 2,886   | 3,490   | 1,973   | 4,729   | 2,545 |
| Média                |           | 0,614                   | 1,851   | 2,280   | 3,010   | 2,783   | 4,327   | 2,478 |
| 1                    | 6.667     | 0,625                   | 0,499   | 1,300   | 3,156   | 2,174   | 2,309   | 1,677 |
| 2                    | 6.667     | 0,516                   | 2,149   | 1,014   | 1,386   | 1,480   | 2,860   | 1,567 |
| 3                    | 6.667     | 0,657                   | 1,666   | 1,168   | 1,400   | 1,388   | 2,883   | 1,527 |
| 4                    | 6.667     | 0,528                   | 2,288   | 1,275   | 3,199   | 2,201   | 2,879   | 2,061 |
| Média                |           | 0,581                   | 1,650   | 1,189   | 2,285   | 1,811   | 2,733   | 1,708 |
| 1                    | 8.000     | 0,683                   | 0,748   | 1,478   | 2,301   | 2,241   | 1,605   | 1,509 |
| 2                    | 8.000     | 0,314                   | 1,114   | 1,018   | 2,059   | 1,511   | 2,777   | 1,465 |
| 3                    | 8.000     | 0,769                   | 2,106   | 1,469   | 1,359   | 1,653   | 2,901   | 1,709 |
| 4                    | 8.000     | 0,553                   | 0,699   | 1,443   | 2,878   | 1,646   | 1,958   | 1,529 |
| Média                |           | 0,579                   | 1,167   | 1,352   | 2,149   | 1,763   | 2,310   | 1,553 |
| 1                    | 10.000    | 0,472                   | 0,246   | 0,694   | 1,490   | 1,615   | 1,844   | 1,060 |
| 2                    | 10.000    | 0,338                   | 1,020   | 1,178   | 1,124   | 1,306   | 2,030   | 1,166 |
| 3                    | 10.000    | 0,442                   | 1,353   | 1,261   | 1,300   | 0,683   | 1,133   | 1,028 |
| 4                    | 10.000    | 0,344                   | 1,145   | 0,927   | 1,911   | 1,256   | 2,471   | 1,342 |
| Média                |           | 0,399                   | 0,941   | 1,015   | 1,456   | 1,215   | 1,870   | 1,149 |
| 1                    | 13.333    | 0,294                   | 0,260   | 0,440   | 1,613   | 1,465   | 1,521   | 0,932 |
| 2                    | 13.333    | 0,241                   | 0,795   | 0,716   | 0,823   | 1,349   | 1,553   | 0,913 |
| 3                    | 13.333    | 0,191                   | 0,844   | 0,838   | 0,654   | 1,426   | 1,269   | 0,870 |
| 4                    | 13.333    | 0,303                   | 0,594   | 0,769   | 1,728   | 1,405   | 1,423   | 1,037 |
| Média                |           | 0,257                   | 0,623   | 0,691   | 1,204   | 1,411   | 1,441   | 0,938 |
| 1                    | 20.000    | 0,293                   | 0,323   | 0,249   | 0,901   | 0,589   | 1,166   | 0,587 |
| 2                    | 20.000    | 0,164                   | 0,276   | 0,355   | 1,053   | 1,084   | 1,546   | 0,746 |
| 3                    | 20.000    | 0,225                   | 0,650   | 0,390   | 0,440   | 0,363   | 0,815   | 0,480 |
| 4                    | 20.000    | 0,208                   | 0,133   | 0,598   | 0,634   | 0,408   | 0,654   | 0,439 |
| Média                |           | 0,222                   | 0,345   | 0,398   | 0,757   | 0,611   | 1,045   | 0,563 |
| Médias das colheitas |           | 0,497                   | 1,239   | 1,348   | 2,036   | 1,807   | 2,547   | 1,579 |

#### 4.2.1 Modelo de ajuste

Os dados de produção comercial obtidos em cada sub-parcela nas seis colheitas realizadas, foram submetidos a ajuste da mesma forma que a produção total de raízes descrita no item 4.1.1. Os ajustes da correção inicial (no espaço), foram realizados utilizando-se do mesmo modelo utilizado para a produção total de raízes, descrito pela equação  $y = a x^b$ . Os coeficientes desta função encontram-se na tabela 13.

**Tabela 13.** Coeficientes da função  $y = a x^b$ , ajustada aos dados de produção comercial de raízes em  $\text{kg.planta}^{-1}$ . Ajuste inicial no espaço.

| Colheitas (dias) | Repetições | Coeficientes da função $y = a x^b$ |                     |       |
|------------------|------------|------------------------------------|---------------------|-------|
|                  |            | a                                  | b                   | $r^2$ |
| 180              | 1          | 1126,34                            | -8,44 <sup>-1</sup> | 0,92  |
| 180              | 2          | 11562,36                           | -1,14               | 0,96  |
| 180              | 3          | 12397,90                           | -1,11               | 0,86  |
| 180              | 4          | 95,17                              | -6,01 <sup>-1</sup> | 0,74  |
| 240              | 1          | 2935,70                            | -9,62 <sup>-1</sup> | 0,69  |
| 240              | 2          | 376164,90                          | -1,39               | 0,92  |
| 240              | 3          | 1114,78                            | -7,30 <sup>-1</sup> | 0,71  |
| 240              | 4          | 63073853,00                        | -1,98               | 0,85  |
| 300              | 1          | 53621436,00                        | -1,97               | 0,88  |
| 300              | 2          | 1458002,00                         | -1,56               | 0,85  |
| 300              | 3          | 28429,55                           | -1,11               | 0,85  |
| 300              | 4          | 32103,45                           | -1,12               | 0,69  |
| 360              | 1          | 55579,62                           | -1,12               | 0,96  |
| 360              | 2          | 4744,55                            | -8,85 <sup>-1</sup> | 0,67  |
| 360              | 3          | 470938,60                          | -1,42               | 0,94  |
| 360              | 4          | 26496,47                           | -1,03               | 0,96  |
| 420              | 1          | 25136,90                           | -1,05               | 0,94  |
| 420              | 2          | 125353,20                          | -1,24               | 0,76  |
| 420              | 3          | 149430,30                          | -1,28               | 0,79  |
| 420              | 4          | 5316,20                            | -8,98 <sup>-1</sup> | 0,88  |
| 480              | 1          | 17831,83                           | -1,00               | 0,74  |
| 480              | 2          | 93678,72                           | -1,16               | 0,92  |
| 480              | 3          | 139864,60                          | -1,22               | 0,90  |
| 480              | 4          | 469973,66                          | -1,35               | 0,90  |

As médias das quatro repetições dos valores estimados pela correção inicial foram utilizadas para a correção final (no tempo), nas datas de colheita propostas (180 a 480 dap), utilizando-se o mesmo modelo utilizado para a produção total de raízes, descrito pela equação  $y = a + b x + b_1 x^2 + b_2 x^3$ . Os coeficientes estimados da correção final encontram-se na tabela 14.

**Tabela 14.** Coeficientes da função  $y = a + b x + b_1 x^2 + b_2 x^3$ , ajustada aos dados médios estimados na correção inicial para a produção comercial de raízes em  $\text{kg.planta}^{-1}$ . Ajuste final no tempo.

| Densidades | Coeficientes da função $y = a + b x + b_1 x^2 + b_2 x^3$ |                     |                      |                      | $r^2$ |
|------------|--|---------------------|----------------------|----------------------|-------|
|            | a  | b                   | $b_1$                | $b_2$                |       |
| 20.000     | 7.96 <sup>-05</sup>                                      | 8.55 <sup>-04</sup> | 3.41 <sup>-06</sup>  | -3.69 <sup>-09</sup> | 0.89  |
| 13.333     | -6.05 <sup>-01</sup>                                     | 7.54 <sup>-03</sup> | -1.38 <sup>-05</sup> | 1.28 <sup>-08</sup>  | 0.92  |
| 10.000     | -1.57  | 1.79 <sup>-02</sup> | -4.21 <sup>-05</sup> | 4.00 <sup>-08</sup>  | 0.93  |
| 8.000      | -2.86  | 3.16 <sup>-02</sup> | -8.07 <sup>-05</sup> | 7.70 <sup>-08</sup>  | 0.94  |
| 6.667      | -4.45  | 4.86 <sup>-02</sup> | -1.29 <sup>-04</sup> | 1.23 <sup>-07</sup>  | 0.95  |
| 5.714      | -6.36  | 6.88 <sup>-02</sup> | -1.87 <sup>-04</sup> | 1.79 <sup>-07</sup>  | 0.96  |
| 5.000      | -8.57  | 9.22 <sup>-02</sup> | -2.56 <sup>-04</sup> | 2.44 <sup>-07</sup>  | 0.96  |

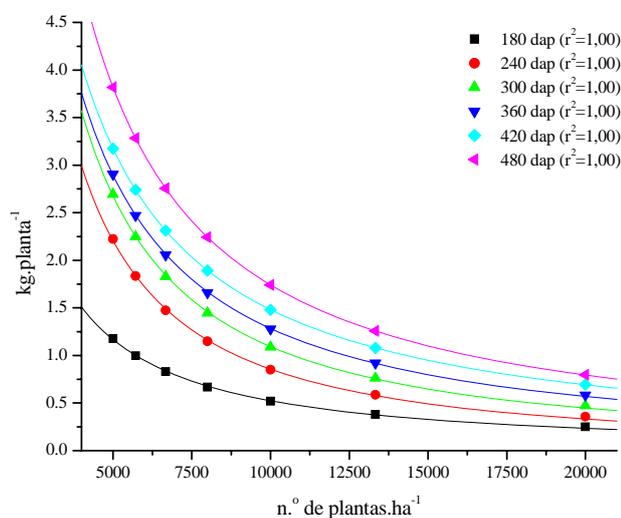
#### 4.2.2. Produção comercial por planta

A partir dos resultados apresentados anteriormente, pode-se observar que as maiores produções individuais de raízes por planta foram obtidas com as menores densidades. O mesmo ocorre com a produção de raízes comerciais, porém, com uma maior amplitude de variação entre as densidades, em função do maior desenvolvimento das raízes nas menores densidades culminando em uma maior quantidade de raízes classificadas como comerciais (figura 10).

Em média, as produções comerciais obtidas por planta variaram de 2,665 a 0,526 kg.planta<sup>-1</sup>, entre as populações de 5.000 e 20.000 plantas.ha<sup>-1</sup> respectivamente, promovendo um decréscimo de 80 % nas produções individuais com a redução do número de plantas por ha (figura 10). Estas variações foram maiores para as raízes comerciais, comparadas a produção total de raízes, que apresentaram uma variação de 71 % entre a maior e a menor densidade avaliada.

Maiores variações na produção de raízes comerciais por planta são ainda encontradas nas menores densidades que, a exemplo da densidade de 5.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, demonstra um acréscimo de 2,640 kg de raízes por planta entre a primeira e a última colheitas (180 e 480 dap), sendo esta variação menor nas maiores densidades, com um acréscimo de 0,544 kg.planta<sup>-1</sup> entre a primeira e a última colheita para a densidade de 20.000 plantas.ha<sup>-1</sup> (figura 10).

Os dados de produção comercial ajustaram-se bem ao modelo  $y = a x^b$ , como podemos observar na figura 10, e os coeficientes das curvas de resposta de raízes comerciais para as épocas de colheita avaliadas em função das densidades de plantio, são apresentadas na tabela 15.



**Figura 10.** Produção de raízes comerciais por planta em seis épocas de colheita e curvas de regressão segundo o modelo  $y = a x^b$ , em função das densidades de plantio. Assis, SP, 2001/2002.

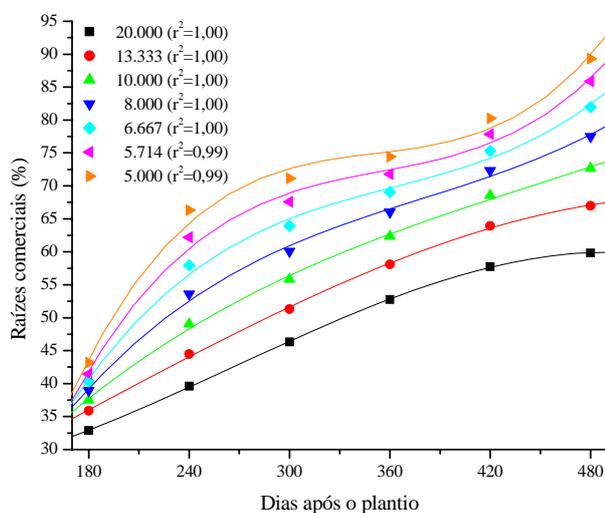
**Tabela 15.** Coeficientes da equação de regressão  $y = a x^b$ , para os dados ajustados da produção comercial de raízes por planta em função das densidades de plantio.

| Colheitas (dias) | Coeficientes da função $y = a x^b$ |       |       |
|------------------|------------------------------------|-------|-------|
|                  | a                                  | b     | $r^2$ |
| 180              | 21962,56                           | -1,16 | 1,00  |
| 240              | 248340,80                          | -1,37 | 1,00  |
| 300              | 160386,19                          | -1,29 | 1,00  |
| 360              | 63033,05                           | -1,17 | 1,00  |
| 420              | 36689,47                           | -1,10 | 1,00  |
| 480              | 58913,20                           | -1,13 | 1,00  |

Aos 180 dap a produção de raízes comerciais por planta variou de 1,178  $\text{kg.planta}^{-1}$  até 0,251  $\text{kg.planta}^{-1}$  com 5.000 e 20.000 plantas. $\text{ha}^{-1}$  respectivamente, ou seja, com valor quatro vezes superior na menor densidade. Em média, a densidade de 5.000 plantas. $\text{ha}^{-1}$  teve 2,233  $\text{kg.planta}^{-1}$  enquanto a de 20.000 plantas. $\text{ha}^{-1}$  produziu 0,358  $\text{kg.planta}^{-1}$ , mantendo-se esta tendência nas demais colheitas realizadas (figura 10). Essas diferenças individuais na produção de raízes comerciais demonstram a

possibilidade que baixas densidades populacionais podem servir para a exploração da precocidade na produção de raízes comerciais de mandioca de mesa, pois proporcionam um bom desenvolvimento das raízes, enquanto que em maiores densidades esse desenvolvimento além de ser mais lento proporciona um padrão comercial de raízes inferior.

A maior diferença na produção de raízes comerciais em relação à produção total de raízes ocorre em função dos efeitos da porcentagem de raízes comerciais apresentada na figura 11. Os maiores acréscimos na porcentagem de raízes comerciais ocorrem entre os 180 e 360 dap, em virtude principalmente do aumento do diâmetro das raízes, que é mais pronunciado neste período como será discutido no item 4.3.3. Para a determinação das curvas de tendência apresentadas na figura 11, foi utilizada a equação polinomial do terceiro grau, descrita por  $y = a + b x + b_1 x^2 + b_2 x^3$ , por representar as variações nas porcentagens de raízes comerciais no tempo (tabela 16).



**Figura 11.** Porcentagem de raízes comerciais da produção total ( $\text{kg.planta}^{-1}$ ) nas densidades populacionais em função das idades de colheita. Assis, SP, 2001/2002.

**Tabela 16.** Coeficientes da equação de regressão  $y = a + b x + b_1 x^2 + b_2 x^3$ , para os dados justados de % de raízes comerciais por planta, em função das colheitas.

| Densidades | Coeficientes da função $y = a + b x + b_1 x^2 + b_2 x^3$ |                      |                      |                      |       |
|------------|--|----------------------|----------------------|----------------------|-------|
|            | a  | b                    | $b_1$                | $b_2$                | $r^2$ |
| 20.000     | 26,03  | -4,81 <sup>-02</sup> | 6,20 <sup>-04</sup>  | -7,77 <sup>-07</sup> | 1,00  |
| 13.333     | 13,38  | 1,05 <sup>-01</sup>  | 1,75 <sup>-04</sup>  | -3,35 <sup>-07</sup> | 1,00  |
| 10.000     | -16,15   | 4,16 <sup>-01</sup>  | -7,48 <sup>-04</sup> | 5,59 <sup>-07</sup>  | 1,00  |
| 8.000      | -50,68   | 7,79 <sup>-01</sup>  | -1,84 <sup>-03</sup> | 1,62 <sup>-06</sup>  | 1,00  |
| 6.667      | -87,81   | 1,17                 | -3,06 <sup>-03</sup> | 2,82 <sup>-06</sup>  | 1,00  |
| 5.714      | -127,79  | 1,60                 | -4,37 <sup>-03</sup> | 4,11 <sup>-06</sup>  | 0,99  |
| 5.000      | -159,09  | 1,94                 | -5,43 <sup>-03</sup> | 5,15 <sup>-06</sup>  | 0,99  |

A figura 11 mostra que a maior produção relativa aos 180 dap ocorre na densidade de 5.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, com aproximadamente 43 % da produção de raízes com padrão comercial. No entanto cabe salientar que o descarte poderá ser menor em solos de melhor fertilidade, que podem promover o maior desenvolvimento das plantas, permitindo colheitas aos 180 dap com melhor aproveitamento comercial. A menor porcentagem de raízes comerciais por planta aos 180 dap ocorreu na densidade de 20.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, onde apenas 33 % da produção de raízes atingiu padrão comercial. Observa-se na figura 11 que há um aumento gradativo da porcentagem de raízes comerciais com a diminuição da densidade populacional. As diferenças provocadas pela densidade populacional são mais expressivas com o crescimento das plantas por ocasião das colheitas mais tardias.

Dos 420 aos 480 dap, o aumento da porcentagem de raízes comerciais se dá em função do início do segundo ciclo, de forma mais pronunciada nas menores densidades, que se encontram em menor competição espacial. Já para as maiores densidades, a porcentagem de raízes comerciais neste período apresenta menores acréscimos, em virtude da competição entre as plantas estar limitando drasticamente a produção de raízes neste período (figura 11).

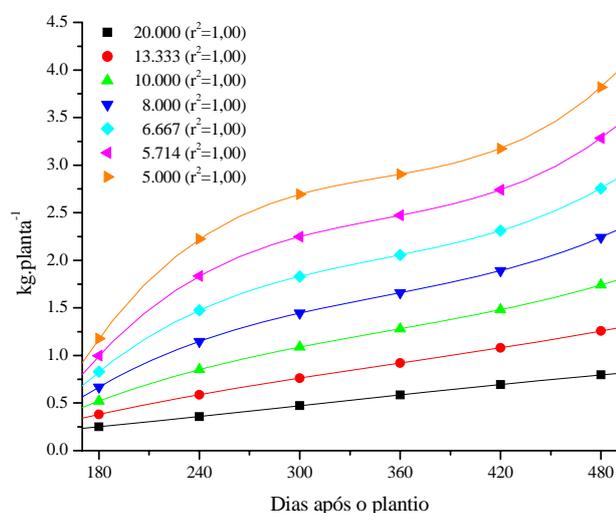
No período de repouso fisiológico (300 aos 420 dap) pode-se observar o aumento na porcentagem de raízes comerciais mais pronunciado nas maiores densidades (figura 11), ocasionado pelo aumento nos diâmetros das raízes até então fora dos padrões comerciais, em virtude da translocação de assimilados da parte aérea para as

raízes, que pode ser maior nas maiores densidades, por conta destas apresentarem um maior acúmulo de carboidratos na parte aérea.

Nas produções comerciais por planta, observa-se claramente os acréscimos nos rendimentos à medida que avançamos no tempo (figura 12). Os mesmos padrões de crescimento sigmóide, encontrados na produção total de raízes (figura 6) podem ser observados para a produção de raízes comerciais (figura 12), embora com maiores acréscimos nas menores densidades em função da maior porcentagem de raízes comerciais demonstrada pela figura 11.

As diferenças em função do tempo nas produções de raízes comerciais por planta foram de 0,689 a 2,270 kg.planta<sup>-1</sup>, entre a primeira e a última colheita realizadas, com um incremento de 229 %, maior que na produção total de raízes, onde este foi de 101 %. Esta maior diferença se justifica pela elevada taxa de descarte nas primeiras colheitas, comparadas à pequena quantidade de raízes descartadas nas colheitas mais tardias, principalmente nas menores densidades, elevando ainda mais as diferenças no rendimento médio em função das idades de colheita (figura 12). Pode-se observar que as mesmas tendências de resposta para a produção total de raízes por planta, repetem-se na produção de raízes comerciais nas densidades avaliadas em função do tempo. As tendências são representadas pelo modelo  $y = a + b x + b_1 x^2 + b_2 x^3$ , e os coeficientes das equações demonstradas na figura 12 são apresentados na tabela 17.

O crescimento das raízes comerciais por planta em um primeiro período (180 aos 360 dap) é mais acentuado nas menores densidades, em virtude da menor competição espacial entre as plantas, que proporciona um maior desenvolvimento das raízes tuberosas e, conseqüentemente uma maior proporção de raízes comerciais. em comparação as maiores densidades, além do menor rendimento total de raízes por planta (figura 6), apresentam ainda uma menor porcentagem de raízes comerciais, promovendo uma maior variação entre as densidades neste período (figura 12).



**Figura 12.** Produção de raízes comerciais por planta e curvas de regressão segundo o modelo  $y = a + b x + b_1 x^2 + b_2 x^3$ , nas seis densidades de plantio em função idades de colheita. Assis, SP, 2001/2002.

**Tabela 17.** Coeficientes da equação de regressão  $y = a + b x + b_1 x^2 + b_2 x^3$ , para os dados ajustados da produção de raízes comerciais por planta, em função idades de colheita.

| Densidades | Coeficientes da função $y = a + b x + b_1 x^2 + b_2 x^3$ |              |               |               |       |
|------------|--|--------------|---------------|---------------|-------|
|            | a  | b            | $b_1$         | $b_2$         | $r^2$ |
| 20.000     | $1,38^{-02}$   | $7,94^{-04}$ | $3,61^{-06}$  | $-3,90^{-09}$ | 1,00  |
| 13.333     | $-6,10^{-01}$  | $7,58^{-03}$ | $-1,39^{-05}$ | $1,29^{-08}$  | 1,00  |
| 10.000     | -1,57  | $1,79^{-02}$ | $-4,21^{-05}$ | $4,00^{-08}$  | 1,00  |
| 8.000      | -2,86  | $3,17^{-02}$ | $-8,09^{-05}$ | $7,72^{-08}$  | 1,00  |
| 6.667      | -4,44  | $4,85^{-02}$ | $-1,29^{-04}$ | $1,23^{-07}$  | 1,00  |
| 5.714      | -6,37  | $6,89^{-02}$ | $-1,88^{-04}$ | $1,79^{-07}$  | 1,00  |
| 5.000      | -8,56  | $9,22^{-02}$ | $-2,55^{-04}$ | $2,44^{-07}$  | 1,00  |

Acréscimos nos rendimentos por planta para as colheitas mais tardias (360 aos 480 dap), podem ser justificados pelo aumento no diâmetro das raízes, observado no aumento da porcentagem de raízes comerciais, proporcionada pela retomada do desenvolvimento no início do segundo ciclo, principalmente nas menores densidades (figura 12).

No período de repouso fisiológico (300 aos 420 dap) pode-se observar uma elevada taxa de crescimento das raízes comerciais por planta (figura 12), em comparação às produções totais de raízes (figura 6). Isso se dá pelo engrossamento mais acentuado das raízes antes tidas como não comerciais, que passam a atingir padrões comerciais.

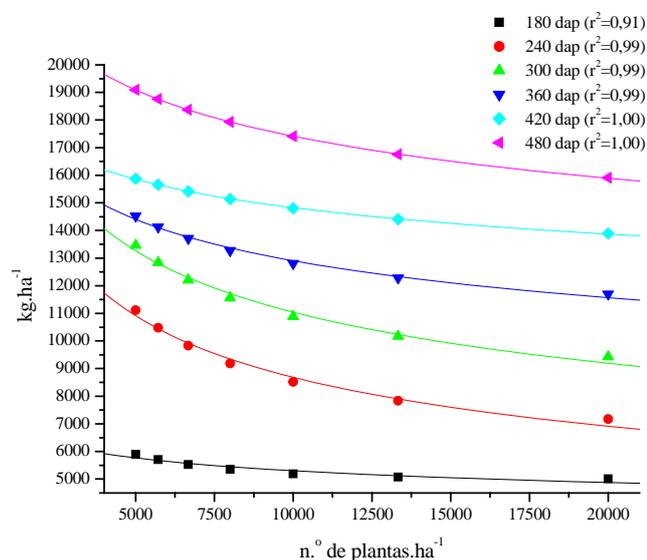
#### **4.2.3. Produção comercial por hectare**

A partir dos dados ajustados das produções de raízes comerciais por planta foram feitas as estimativas das produções por unidade de área, da mesma forma como foi realizada para a produção total de raízes. Os valores obtidos por planta foram multiplicados pelas respectivas densidades, fornecendo as produtividades de raízes comerciais.

Contrastando totalmente com a produção total de raízes por área (figura 7) onde as maiores densidades superaram as menores densidades em todas as épocas de colheita, a produção comercial de raízes sempre foi maior nas menores densidades. Na produção total por planta, as diferenças favorecendo as menores densidades não são suficientemente grandes para contrabalançar o aumento do número de plantas por área, porém na avaliação comercial por planta, as maiores diferenças, são suficientes para superar o aumento do número de plantas por área. O modelo que melhor se ajustou a esta característica foi  $y = a x^b$ , e os coeficientes das equações encontram-se na tabela 18.

A produção de raízes comerciais por área sofreu uma redução média de 27 % entre a menor e a maior densidades passando de 13.327 a 10.520 kg.ha<sup>-1</sup> (figura 13).

Pode-se observar na figura 13, uma menor variação nas produtividades por ha entre as densidades na primeira colheita (180 dap). Isso ocorre devido as plantas neste período apresentarem-se pouco desenvolvidas, com pequena competição, principalmente nas maiores densidades. A plantas apresentam nesta época reduzido desenvolvimento de raízes tuberosas, como pode ser observado pelas pequenas porcentagens de raízes comerciais em todas as densidades.



**Figura 13.** Produção de raízes comerciais por ha, em seis épocas de colheita e curvas de regressão segundo o modelo  $y = a x^b$ , em função das densidades de plantio. Assis, SP, 2001/2002.

**Tabela 18.** Coeficientes da equação de regressão  $y = a x^b$ , para os dados ajustados da produção comercial de raízes por ha em função das densidades de plantio.

| Colheitas (dias) | Coeficientes da função $y = a x^b$ |          |       |
|------------------|------------------------------------|----------|-------|
|                  | a                                  | b        | $r^2$ |
| 180              | 16103,4                            | -0,1206  | 0,91  |
| 240              | 179595,5                           | -0,32887 | 0,99  |
| 300              | 126118,6                           | -0,26442 | 0,99  |
| 360              | 55364,27                           | -0,15811 | 0,99  |
| 420              | 36062,98                           | -0,0965  | 1,00  |
| 480              | 58748,89                           | -0,13201 | 1,00  |

As maiores variações nos rendimentos de raízes comerciais em função das densidades estudadas, são encontradas para as colheitas realizadas aos 240, 300 e 480 dap, que refletem as maiores diferenças na porcentagem de raízes comerciais por planta nestas épocas, conforme pode ser observado na figura 11. As menores variações encontradas nas colheitas realizadas aos 180, 360 e 420 dap também refletem o efeito da

porcentagem de raízes comerciais por planta, que apresentam menores variações entre as densidades nestas colheitas.

A figura 14 apresenta os rendimentos de raízes comerciais no tempo, onde pode-se observar o aumento do rendimento de raízes a medida que as colheitas são realizadas mais tardiamente. Em média ocorreram aumentos entre as colheitas de 5.394 a 17.746 kg.ha<sup>-1</sup>, com uma variação de 229 %, entre a primeira à última colheita, dos 180 aos 480 dap respectivamente. A tabela 18 apresenta os coeficientes das equações de regressão descrita pelo modelo  $y = a x^b$ , demonstradas na figura 13.

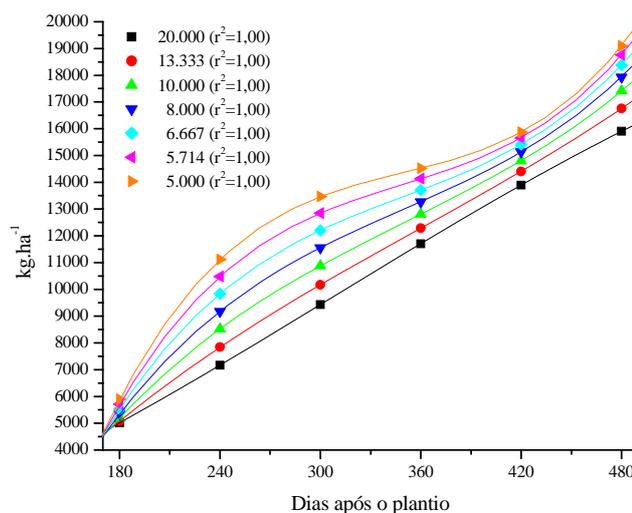
Esta variação mostrou-se ainda maior comparada ao rendimento total de raízes.ha<sup>-1</sup>, que apresentou um acréscimo no tempo na ordem de 94 %. Esta maior variação pode ser justificada pela maior porcentagem de raízes comerciais nas colheitas mais tardias e dos elevados descartes nas primeiras colheitas, acentuando as diferenças entre as produtividades de raízes comerciais no tempo.

Observou-se maior estabilidade no rendimento de raízes comerciais em função do tempo nas maiores densidades (figura 14), em relação as menores, que apresentaram um maior incremento nos rendimentos no período dos 180 aos 360 dap, diminuindo até os 420 dap, e acentuando-se novamente até os 480 dap.

Aumentos mais pronunciados dos rendimentos de raízes comerciais por área nos períodos dos 180 aos 360 dap ocorrem principalmente em função do aumento nos diâmetro de raízes neste período, conforme será discutido no item 4.3.3, o que promove além do crescimento normal das raízes tuberosas, uma maior porcentagem de raízes comerciais, principalmente nas maiores densidades.

O crescimento praticamente constante no rendimento de raízes comerciais por área no tempo, observado nas maiores densidades (figura 14), pode ser justificado pela translocação de assimilados da parte aérea para as raízes nos períodos de repouso fisiológico (300 aos 420 dap) e pela maior competição por assimilados entre a estas partes, nos períodos de elevada taxa de crescimento das plantas, dos 180 aos 300 dap, reduzindo as diferenças nas taxas de crescimento entre esses dois períodos. A partir dos 420 dap o crescimento das raízes apresenta-se prejudicado nas maiores densidades devido ao elevado porte das plantas. Tais características proporcionaram pequena taxa

de crescimento de raízes nos períodos de elevada atividade fisiológica (180 aos 300 dap e a partir dos 420 dap) comparadas ao desenvolvimento das raízes ocasionado pela translocação de assimilados no período de repouso (300 aos 420 dap).



**Figura 14.** Produção de raízes comerciais por ha e curvas de regressão segundo o modelo  $y = a + b x + b_1 x^2 + b_2 x^3$ , nas seis densidades de plantio, em função idades de colheita. Assis, SP, 2001/2002.

**Tabela 19.** Coeficientes da equação de regressão  $y = a + b x + b_1 x^2 + b_2 x^3$ , para os dados ajustados da produção comercial de raízes por ha em função das colheitas.

| Densidades | Coeficientes da função $y = a + b x + b_1 x^2 + b_2 x^3$ |        |               |               |       |
|------------|--|--------|---------------|---------------|-------|
|            | a  | b      | $b_1$         | $b_2$         | $r^2$ |
| 20.000     | 159,98   | 17,09  | $6,82^{-02}$  | $-7,39^{-05}$ | 1,00  |
| 13.333     | -8070,00   | 100,59 | $-1,84^{-01}$ | $1,71^{-04}$  | 1,00  |
| 10.000     | -15695,79  | 178,86 | $-4,21^{-01}$ | $4,00^{-04}$  | 1,00  |
| 8.000      | -22844,81  | 252,85 | $-6,45^{-01}$ | $6,16^{-04}$  | 1,00  |
| 6.667      | -29670,21  | 323,85 | $-8,61^{-01}$ | $8,22^{-04}$  | 1,00  |
| 5.714      | -36321,38  | 393,10 | -1,07         | $1,02^{-03}$  | 1,00  |
| 5.000      | -42836,81  | 461,14 | -1,28         | $1,22^{-03}$  | 1,00  |

Já no período de repouso fisiológico (300 aos 420 dap), a porcentagem de raízes comerciais continua aumentando pelo engrossamento das raízes fora do padrão

comercial, de forma mais acentuada nas maiores densidades. A translocação de assimilados neste período, parece ser mais acentuada nas maiores densidades, em virtude do maior desenvolvimento da parte aérea, que pode proporcionar um maior acúmulo e translocação de assimilados para as raízes tuberosas. Nas menores densidades, os açúcares produzidos seriam alocados nas raízes, em virtude da maior capacidade de dreno das raízes em relação à parte aérea, promovendo um menor saldo de assimilados a serem translocados neste período (figura 14).

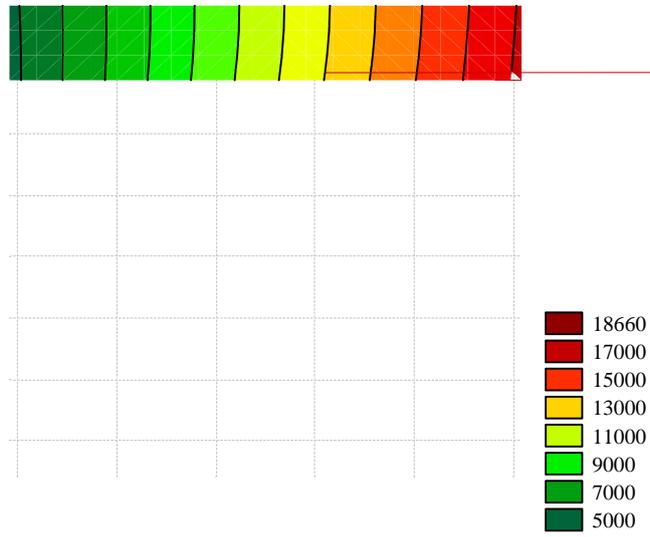
A partir dos 420 dap, a retomada do crescimento das raízes comerciais em virtude do início do segundo ciclo é maior nas densidades menores, pela menor competição entre as plantas, proporcionando uma maior taxa de crescimento das raízes. Tais condições comparadas às maiores densidades, que se encontram com as plantas bastante desenvolvidas, apresentam uma menor capacidade de crescimento, refletindo no menor desenvolvimento das raízes comerciais (figura 14).

A interação dos dois fatores em estudo por área (densidades populacionais e idades de colheita), pode ser observada na figura 15, analisados em superfície de resposta pela distância ponderada entre os quadrados mínimos das duas variáveis onde os resultados são apresentados em gráfico de área a partir das isolíneas de mesmo nível.

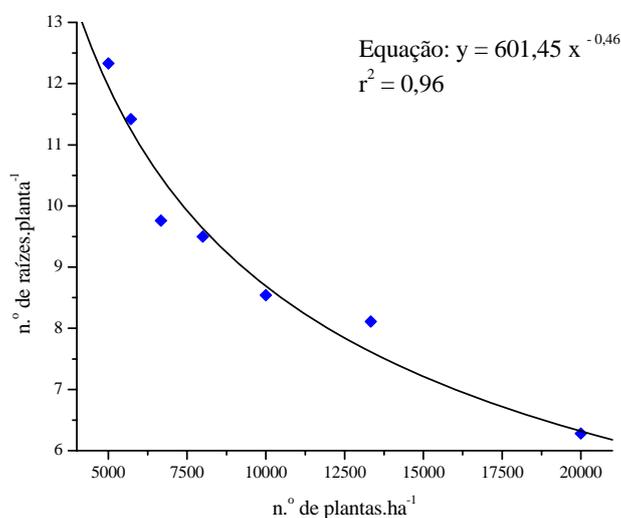
Observando-se a interação entre os dois fatores em estudo evidencia-se os maiores níveis de produtividade obtidas nas menores densidades, em relação às densidades mais elevadas, ao contrário da produção total de raízes que atingiram maiores níveis de produtividade nas maiores densidades.

Os resultados obtidos sugerem uma maior precocidade na produção de raízes comerciais para as menores densidades, proporcionada pela maior porcentagem de raízes comerciais nestas condições, promovendo um menor descarte e conseqüentemente bons níveis de produtividade em colheitas mais precoces.

Na figura 15 pode-se observar bons níveis de produtividade de raízes comerciais, com rendimentos acima da faixa de  $15.000 \text{ kg.ha}^{-1}$  obtidos nos intervalos dos 300 aos 360 dap para a densidade de  $5.000 \text{ plantas.ha}^{-1}$ , enquanto que, os mesmos níveis de produtividade só são obtidos a partir dos 420 dap na densidade de  $20.000 \text{ plantas.ha}^{-1}$ .



densidades (tabela 20). Pode-se observar através da amplitude da soma de quadrados



**Figura 16.** Número médio de raízes por planta e curva de regressão segundo o modelo  $y = a x^b$ , em função das densidades de plantio. Assis, SP, 2001/2002.

Diversos autores observaram decréscimos no número de raízes por planta com o aumento das densidades de plantio (COCK et al., 1977; ENYI, 1972b; OLIVEIRA, 1995). Outros ainda, não observaram alterações no número de raízes entre as densidades populacionais avaliadas (TAKAHASHI E GUERINI, 1998; WILLIAMS, 1974). Porém no presente ensaio observa-se grande redução no número de raízes com os aumentos das densidades de plantio avaliadas.

O maior número de raízes por planta, obtidos nas menores densidades, ocorre em função de um maior saldo de carboidratos nos períodos de diferenciação das raízes, que em condições de menor competição por luz e nutrientes leva a diferenciação de um maior número de raízes tuberosas. Esta característica demonstra, a capacidade das plantas de mandioca a se adaptarem às condições ambientais vigentes, onde com um maior número de raízes tuberosas têm uma maior capacidade de armazenamento de amido, e em condições de maior competição, as plantas apresentam um menor número de raízes comportando uma menor quantidade de carboidratos a serem produzidos e armazenados.

### 4.3.2. Massa média de raízes

Através do quadro de análise da variância para a massa média de raízes (tabela 21), pode-se observar efeitos altamente significativos pelo teste de F para o fator densidades e idades de colheita e significativo para a interação entre densidades e colheitas.

**Tabela 21.** Quadro da análise da variância e teste de F para massa média de raízes em parcelas sub-divididas.

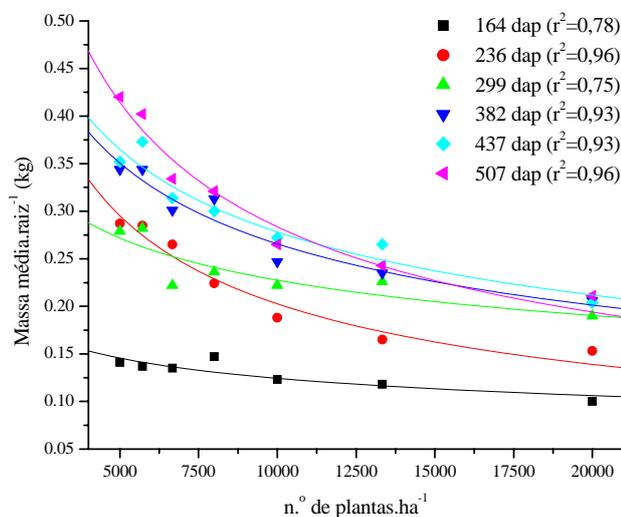
| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrados médios | F calculado |
|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|-------------|
| Colheitas (A)      | 5                  | 0,6434             | 0,1287           | 20,77 **    |
| Resíduo (a)        | 18                 | 0,1115             | 0,0062           |             |
| Densidades (B)     | 6                  | 0,3332             | 0,0555           | 36,54 **    |
| Interação (AxB)    | 30                 | 0,0767             | 0,0025           | 1,68 *      |
| Resíduo (b)        | 108                | 0,1642             | 0,0015           |             |
| Total              | 167                |                    |                  |             |

\*\* Significativo ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste de F.

\* Significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de F.

Os dados obtidos de massa média de raízes podem ser observados em função das densidades na figura 17. Nota-se que nas menores densidades, independentemente das épocas de colheita, são encontrados as maiores massas de raízes. Esta variação em média foi de 0,177 a 0,304 kg.raiz<sup>-1</sup>, entre a maior e a menor densidade respectivamente, demonstram um acréscimo de 71 % entre as colheitas avaliadas. As alterações na massa de raízes, em função das densidades avaliadas, podem ser descritas através da equação de regressão  $y = a x^b$ , que tem seus coeficientes demonstrados na tabela 22.

Observando a figura 17, é possível perceber o menor efeito das densidades na massa média de raízes, na colheita realizada aos 164 dap, em virtude do menor desenvolvimento das plantas neste período. Esta variação se torna maior com o desenvolvimento das plantas nas colheitas subsequentes refletindo a competição mais acentuada. As maiores variações na massa média de raízes são encontradas nas colheitas realizadas a partir dos 236 dap e podem ser observadas pelas maiores inclinações das curvas de resposta.



**Figura 17.** Massa média de raízes nas seis épocas de colheita e curvas de regressão segundo o modelo  $y = a x^b$ , em função das densidades de plantio. Assis, SP, 2001/2002.

**Tabela 22.** Coeficientes da equação de regressão  $y = a x^b$ , para a massa média de raízes por planta, em função das densidades de plantio.

| Colheitas (dias) | Coeficientes da função $y = a x^b$ |                      |       |
|------------------|------------------------------------|----------------------|-------|
|                  | a                                  | b                    | $r^2$ |
| 164              | 1,01                               | -2,28 <sup>-01</sup> | 0,78  |
| 236              | 30,19                              | -5,43 <sup>-01</sup> | 0,96  |
| 299              | 2,42                               | -2,57 <sup>-01</sup> | 0,75  |
| 382              | 10,59                              | -4,00 <sup>-01</sup> | 0,93  |
| 437              | 10,29                              | -3,92 <sup>-01</sup> | 0,93  |
| 507              | 43,99                              | -5,48 <sup>-01</sup> | 0,96  |

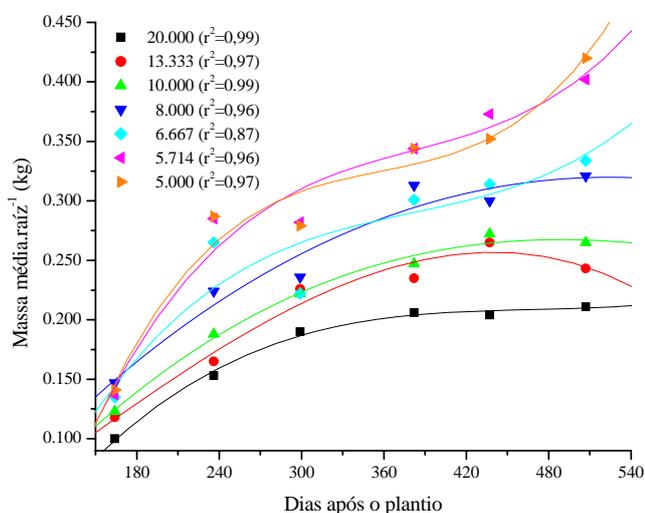
Reduções na massa de raízes com o aumento das densidades de plantio, foram encontradas por vários autores (COCK et al., 1977; FURTADO et al., 1980; MONDARDO et al., 1995; WILLIAMS, 1974). Os dados do presente ensaio também demonstram claramente este efeito independentemente da época de colheita avaliada (figura 17).

Alguns autores, afirmam que bons rendimentos por unidade de área estão relacionados com a massa média de raízes, não sendo influenciado de forma clara pelo número de raízes (TAKAHASHI E GUERINI, 1998; WILLIAMS, 1974). Esta afirmação é

concordante com os dados do presente ensaio, quando observa-se o rendimento total de raízes, demonstrado na figura 9, onde os maiores rendimentos por unidade de área são obtidos nas densidades mais elevadas, e estes, conforme discutido no item 4.3.1. apresentam um menor número de raízes por planta (figura 16). Porém, o rendimento de raízes comerciais (figura 15) é maior nas as menores densidades, que também apresentaram maior número de raízes por planta, e ainda uma maior massa média de raízes (figuras 16 e 17), apresentando correlações positivas entre estes parâmetros e a produtividade comercial.

Tratando-se da produção de raízes de mandioca de mesa, a massa média de raízes é parâmetro importante, pois relaciona-se com o tamanho das raízes, que ao serem classificadas como graúdas possibilitam maiores rendimentos econômicos aos produtores. Já os rendimentos de raízes para fins industriais, a massa média de raízes se faz menos importante, pois a remuneração do agricultor se dá em função do total produzido, embora raízes maiores sejam preferidas pelas indústrias de maneira geral, pois promovem um maior rendimento industrial, com menores perdas no descascamento. Raízes maiores podem ainda apresentar maiores conteúdos de matéria seca, que possui uma elevada relação com os teores de amido.

A evolução da massa média de raízes no tempo (figura 18), dá-se em função do crescimento das raízes, com uma variação média de 0,129 a 0,314 kg.raiz<sup>-1</sup>, entre a primeira e a última colheita realizadas aos 164 e 507 dias respectivamente, tendo um aumento de 144 %. A evolução da massa média de raízes é apresentada na figura 18, e é representada pelo modelo de regressão polinomial do terceiro grau, descrito por  $y = a + b x + b_1 x^2 + b_2 x^3$ . Os coeficientes de regressão para a massa média de raízes em função do tempo encontram-se descritos na tabela 23.



**Figura 18.** Massa média de raízes, nas seis densidades de plantio e curvas de regressão segundo o modelo  $y = a + b x + b_1 x^2 + b_2 x^3$ , em função das idades de colheita. Assis, SP, 2001/2002.

Na colheita realizada aos 180 dap já é possível observar as diferenças na massa de raízes provocada pelos efeitos das densidades populacionais com variações entre as densidades de 0,100 kg.raiz<sup>-1</sup> em 20.000 plantas.ha<sup>-1</sup> e por volta de 0,150 kg.raiz<sup>-1</sup> na densidade de 5.000 plantas.ha<sup>-1</sup>. Aos 382 dap a massa média das raízes comerciais foi de 0,206 kg.raiz<sup>-1</sup> e 0,344 kg.raiz<sup>-1</sup> para as densidade de 20.000 e 5.000 plantas.ha<sup>-1</sup> respectivamente, demonstrando um efeito mais pronunciado da competição entre as plantas na maior densidade. Este efeito se mantém em todas as colheitas, sendo mais pronunciado nas menores densidades avaliadas.

Desta forma constata-se a influência da densidade populacional no desenvolvimento de raízes, originando nas menores densidades, raízes maiores, demonstrado pela massa média de raízes, em colheitas precoces. É importante ressaltar que estes dados foram obtidos em solo de baixa fertilidade, que podem ser mais expressivos em solos de maior fertilidade, mais adequados ao cultivo de mandioca de mesa.

**Tabela 23.** Coeficientes da equação de regressão  $y = a + b x + b_1 x^2 + b_2 x^3$ , para a massa média de raízes em função das colheitas.

| Densidades | Coeficientes da função $y = a + b x + b_1 x^2 + b_2 x^3$ |              |               |               | $r^2$ |
|------------|--|--------------|---------------|---------------|-------|
|            | a  | b            | $b_1$         | $b_2$         |       |
| 20.000     | $-1,75^{-01}$  | $2,40^{-03}$ | $-5,07^{-06}$ | $3,61^{-09}$  | 0,99  |
| 13.333     | $-1,67^{-02}$  | $7,38^{-04}$ | $8,86^{-07}$  | $-2,61^{-09}$ | 0,97  |
| 10.000     | $-9,05^{-02}$  | $1,67^{-03}$ | $-2,34^{-06}$ | $8,57^{-10}$  | 0,99  |
| 8.000      | $-5,30^{-02}$  | $1,49^{-03}$ | $-1,63^{-06}$ | $2,53^{-10}$  | 0,96  |
| 6.667      | $-2,98^{-01}$  | $4,14^{-03}$ | $-1,02^{-05}$ | $8,91^{-09}$  | 0,87  |
| 5.714      | $-4,82^{-01}$  | $5,87^{-03}$ | $-1,46^{-05}$ | $1,27^{-08}$  | 0,96  |
| 5.000      | $-6,01^{-01}$  | $7,31^{-03}$ | $-1,98^{-05}$ | $1,85^{-08}$  | 0,97  |

As maiores taxas de crescimento da massa média de raízes, são observadas até os 299 dap, período de maior desenvolvimento das plantas e grande expressão da tuberização no primeiro ciclo vegetativo (figura 18). Essa maior taxa de crescimento, observa-se de forma mais expressiva nas menores densidades, devido a menor competição espacial, que possibilita um maior desenvolvimento das raízes. No período dos 299 aos 437 dap, as taxas de crescimento das raízes tuberosas diminuí para todas as densidades com o encerramento do primeiro ciclo vegetativo, que novamente são incrementadas com o início do segundo ciclo como pode ser observada na colheita realizada aos 507 dap (figura 18).

Para as menores densidades, as maiores taxas de crescimento podem ser observadas na última colheita, devido a menor competição espacial entre as plantas bem desenvolvidas, que nas densidades mais elevadas, a exemplo de 20.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, apresentam-se ainda mais competitivas pelo desenvolvimento bastante pronunciado das plantas neste período, prejudicando o desenvolvimento das raízes (figura 18).

#### 4.3.3. Diâmetro de raízes

Verificou-se efeitos altamente significativos dos fatores colheitas e densidades no parâmetro diâmetro médio das raízes não tendo significância a sua interação como pode ser observado na análise da variância apresentada na tabela 24.

**Tabela 24.** Quadro da análise da variância e teste de F para o diâmetro médio de raízes em parcelas sub-divididas.

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrados médios | F calculado        |
|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|--------------------|
| Colheitas (A)      | 5                  | 62,7074            | 12,5415          | 37,51 **           |
| Resíduo (a)        | 18                 | 6,0183             | 0,3343           |                    |
| Densidades (B)     | 6                  | 4,7612             | 0,7935           | 20,58 **           |
| Interação (AxB)    | 30                 | 1,2575             | 0,0419           | 1,11 <sup>ns</sup> |
| Resíduo (b)        | 108                | 4,0637             | 0,0376           |                    |
| Total              | 167                | 78,8080            |                  |                    |

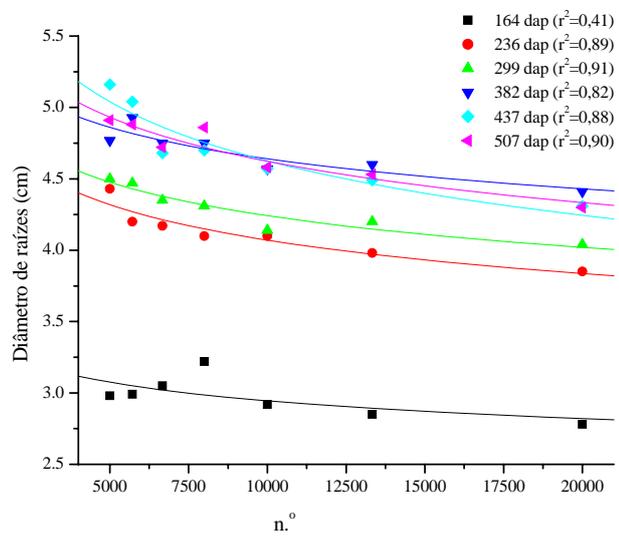
\*\* Significativo ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste de F.

<sup>ns</sup> Não significativo pelo teste de F.

Os efeitos das densidades sobre o diâmetro médio podem ser observados na figura 19, que mostra uma variação nos diâmetros de 3,95 a 4,46 cm, nas densidades de 20.000 e 5.000 plantas.ha<sup>-1</sup> respectivamente, ou seja com um acréscimo de 0,51 cm, cerca de 13 %. A figura 19 mostra ainda a grande diferença nos diâmetros apresentados pelas curvas de tendência nos períodos entre os 164 e 299 dap. Nas colheitas realizadas entre 382 e 507 dap, estes efeitos se apresentam praticamente sobrepostos.

A tabela 25 mostra os coeficientes de regressão a partir do modelo  $y = a x^b$ , demonstrados na figura 19, a partir dos dados ajustados de diâmetro médio.

Pequenas diferenças no diâmetro médio das raízes em função das densidades são observadas principalmente na primeira colheita, em função do incipiente efeito de competição até os 164 dap. Essas variações se tornam maiores nas colheitas mais avançadas, onde os efeitos de competições entre plantas são evidentes, mostrando um maior efeito das colheitas no engrossamento das raízes (figura 19).



“finas”, e que não foram medidas, o que contribuiria ainda mais para a redução dos diâmetros observados nas populações mais adensadas.

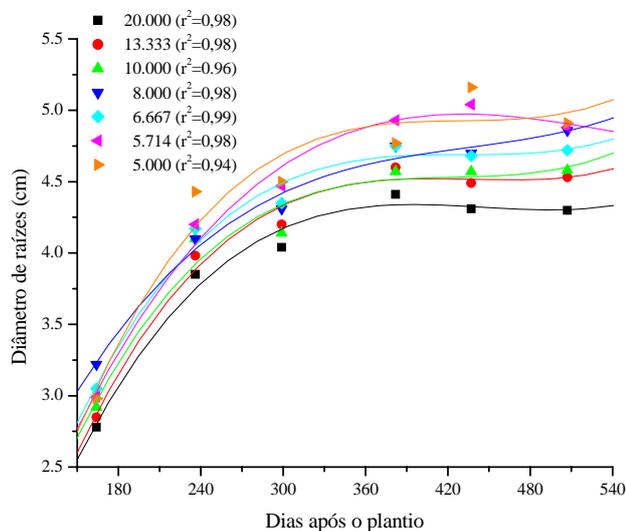
**Tabela 25.** Coeficientes da equação de regressão  $y = a x^b$ , para os dados de diâmetro médio de raízes, em função das densidades de plantio.

| Colheitas (dias) | Coeficientes da função $y = a x^b$ |                      |                |
|------------------|------------------------------------|----------------------|----------------|
|                  | a                                  | b                    | r <sup>2</sup> |
| 164              | 5,24                               | -6,25 <sup>-02</sup> | 0,41           |
| 236              | 8,94                               | -8,54 <sup>-02</sup> | 0,89           |
| 299              | 8,67                               | -7,76 <sup>-02</sup> | 0,91           |
| 382              | 8,60                               | -6,70 <sup>-02</sup> | 0,82           |
| 437              | 14,48                              | -1,24 <sup>-01</sup> | 0,88           |
| 507              | 10,93                              | -9,34 <sup>-02</sup> | 0,90           |

Os diâmetros médios de raízes apresentados na figura 20 demonstram o aumento nos diâmetros das raízes comerciais com o aumento das idades de colheita. Esta variação entre a primeira e a última colheita, 164 aos 507 dap, foi de 2,97 a 4,68 cm respectivamente, com um aumento de 58 %.

As curvas de resposta para o diâmetro médio de raízes apresentadas na figura 19 foram determinadas pelo modelo de regressão polinomial do terceiro grau, descrito por  $y = a + b x + b_1 x^2 + b_2 x^3$ , sendo seus coeficientes são mostrados na tabela 26.

Pode-se observar o aumento acentuado no diâmetro de raízes comerciais até os 382 dap após o plantio, independentemente das densidades de plantio estudadas. A partir desta data os diâmetros médios mantiveram-se praticamente constantes até os 437 dap (figura 20). Esta elevada taxa de crescimento apresentada entre os 164 e 382 dap se dá em virtude do elevado desenvolvimento das raízes no primeiro ciclo. A constância da taxa de crescimento a partir dos 382 dap, reflete o encerramento do primeiro ciclo (figura 20).



**Figura 20.** Diâmetro médio de raízes nas seis densidades de plantio e curvas de regressão segundo o modelo  $y = a + b x + b_1 x^2 + b_2 x^3$ , em função das idades de colheita. Assis, SP, 2001/2002.

De certa forma, o pequeno aumento nos diâmetros observados no início do segundo ciclo pode ter ocorrido em função do engrossamento das raízes até então fora dos padrões comerciais, porém os dados do presente ensaio não permitem a avaliação deste efeito, que pode de certa forma ser evidenciado pelos aumentos nas porcentagens de raízes comerciais nas duas últimas colheitas (figura 11).

**Tabela 26.** Coeficientes da equação de regressão  $y = a + b x + b_1 x^2 + b_2 x^3$ , para o diâmetro médio de raízes, em função das colheitas.

| Densidades | Coeficientes da função $y = a + b x + b_1 x^2 + b_2 x^3$ |                     |                      |                     |       |
|------------|--|---------------------|----------------------|---------------------|-------|
|            | a  | b                   | $b_1$                | $b_2$               | $r^2$ |
| 20.000     | -2,09  | 4,44 <sup>-02</sup> | -1,01 <sup>-04</sup> | 7,57 <sup>-08</sup> | 0,98  |
| 13.333     | -2,41  | 4,81 <sup>-02</sup> | -1,11 <sup>-04</sup> | 8,46 <sup>-08</sup> | 0,98  |
| 10.000     | -2,15  | 4,70 <sup>-02</sup> | -1,11 <sup>-04</sup> | 8,74 <sup>-08</sup> | 0,96  |
| 8.000      | -2,06  | 4,69 <sup>-02</sup> | -1,09 <sup>-04</sup> | 8,38 <sup>-08</sup> | 0,98  |
| 6.667      | -0,61  | 3,44 <sup>-02</sup> | -7,62 <sup>-05</sup> | 5,86 <sup>-08</sup> | 0,99  |
| 5.714      | -1,51  | 3,86 <sup>-02</sup> | -7,46 <sup>-05</sup> | 4,61 <sup>-08</sup> | 0,98  |
| 5.000      | -2,91  | 5,45 <sup>-02</sup> | -1,26 <sup>-04</sup> | 9,81 <sup>-08</sup> | 0,94  |

Com o início do segundo ciclo, a partir dos 437 dap, ocorre a retomada do desenvolvimento das raízes conforme discutido anteriormente, porém este efeito é pouco evidenciado no diâmetro de raízes. Com o início das brotações, as raízes fornecem grande parte dos carboidratos necessários para a emissão das novas folhas, período onde as raízes apresentam uma diminuição nos teores de matéria seca. O aumento na massa média de raízes demonstrado na figura 18 mostra o retorno destes carboidratos produzidos na parte aérea no segundo ciclo, evidenciado no aumento da massa média de raízes, o que não se reflete de forma clara no diâmetro de raízes (figura 20). Este aumento poderia ficar evidente caso fossem realizadas colheitas ainda mais tardias.

Devido à grande variação no comprimento de raízes comerciais de mandioca de mesa, o fator mais importante na classificação destas, é o diâmetro das raízes produzidas. Desta forma, diâmetro maior de raízes obtém uma melhor classificação, segundo os padrões adotados pelo CEAGESP. Em trabalho realizado por WILLIAMS (1974), são demonstradas relações lineares entre a massa média e o diâmetro de raízes, de forma que quanto maior o diâmetro das raízes, maiores os rendimentos médios de raízes por planta.

Tratando-se de raízes comerciais de mandioca de mesa, são desejáveis os maiores diâmetros de raízes, que ao serem obtidos nas menores densidades (figura 20), proporcionam os maiores rendimentos de raízes comerciais por unidade de área (figuras 13 e 15). Ainda, ao analisar-se a figura 14, pode-se observar os elevados rendimentos nas menores densidades, proporcionando colheitas mais precoces. Estas características sugerem elevados rendimentos por unidade de área, acrescidos de uma alta qualidade comercial, demonstrada não só pelo diâmetro, mas também pela massa média das raízes, nas colheitas mais precoces, com a utilização de menores densidades de plantio (figura 18).

#### 4.3.5. Conteúdo cianogênico

Na tabela 27 consta os resultados da análise da variância para os teores de cianoglicosídeos (HCN). Houve efeitos altamente significativos para os dois fatores em estudo, sendo sua interação não significativa.

**Tabela 27.** Quadro da análise da variância e teste de F para os teores de cianoglicosídeos segundo o modelo de parcelas sub-divididas.

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrados médios | F calculado        |
|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|--------------------|
| Colheitas (A)      | 5                  | 40131,9681         | 8026,3936        | 10,11 **           |
| Resíduo (a)        | 18                 | 14290,5571         | 793,9198         |                    |
| Densidades (B)     | 3                  | 3628,0361          | 1209,3454        | 5,55 **            |
| Interação (AxB)    | 15                 | 979,9692           | 65,3313          | 0,24 <sup>ns</sup> |
| Resíduo (b)        | 54                 | 14945,9752         | 276,7773         |                    |
| Total              | 95                 | 73812,1378         |                  |                    |

\*\* Significativo ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste de F.

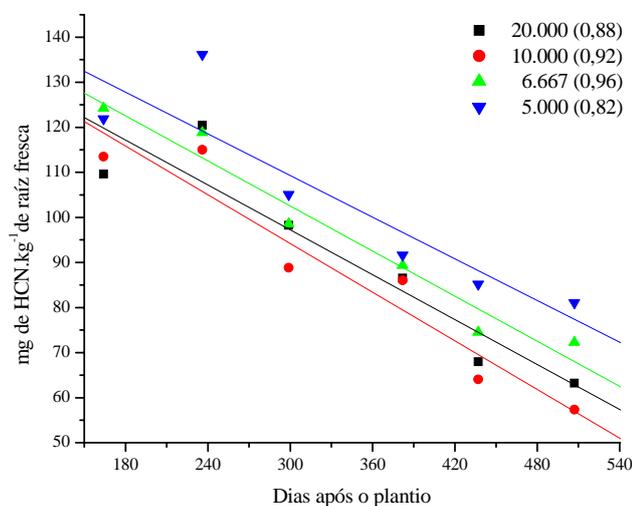
\* Significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de F.

<sup>ns</sup> Não significativo pelo teste de F.

Os resultados das análises de HCN são apresentados na figura 21 em função das idades de colheita, onde pode-se evidenciar um efeito linear dos conteúdos cianogênicos, decrescendo à medida que avança-se no tempo. Esta variação foi em média de 117,32 a 68,48 mg de eq.HCN.kg de raiz <sup>-1</sup>, decrescendo 42 % os teores entre a primeira e a última colheita, realizadas aos 164 e 507 dap respectivamente.

Os coeficientes da equação linear  $y = a x + b$  utilizada na demonstração dos efeitos temporais são dados na tabela 28.

O conteúdo cianogênico das raízes de mandioca é determinado principalmente pelas características genéticas de cada cultivar (FUKUDA E BORGES, 1988; VALLE et al., 200?). Porém diversos autores afirmam ocorrer variações nos teores de HCN a depender das condições ambientais (BOLHUIS, 1954; BRUIJN, 1971; COURSEY, 1973; MCMAHON et al., 1995).



**Figura 21.** Conteúdo cianogênico em quatro densidades de plantio e curvas de regressão segundo o modelo linear  $y = a + b x$ , em função das idades de colheita avaliadas. Assis, SP, 2001/2002.

**Tabela 28.** Coeficientes da equação de regressão  $y = a + b x$ , para o conteúdo cianogênico em função das colheitas.

| Densidades | Coeficientes da função $y = a + b x$ |                      |       |
|------------|--------------------------------------|----------------------|-------|
|            | a                                    | b                    | $r^2$ |
| 20.000     | 147,08                               | -1,66 <sup>-01</sup> | 0,88  |
| 10.000     | 148,29                               | -1,80 <sup>-01</sup> | 0,92  |
| 6.667      | 152,61                               | -1,67 <sup>-01</sup> | 0,96  |
| 5.000      | 155,56                               | -1,54 <sup>-01</sup> | 0,82  |

BRUIJN (1973) afirma não haverem relações entre a idade das plantas e os teores de HCN, estando as variações encontradas por ele, relacionadas às alterações nas condições ambientais. Em trabalho realizado por PEREIRA et al. (1960), não foram encontradas diferenças nos teores de HCN em quatro épocas de colheita (8, 9, 10 e 11 meses após o plantio). Porém, em trabalho realizado por SINHA AND NAIR (1968), com colheitas sucessivas dos sete aos treze meses após o plantio, foram encontradas variações nos teores de HCN, com aumentos do sétimo ao nono mês, seguido de decréscimos acentuados.

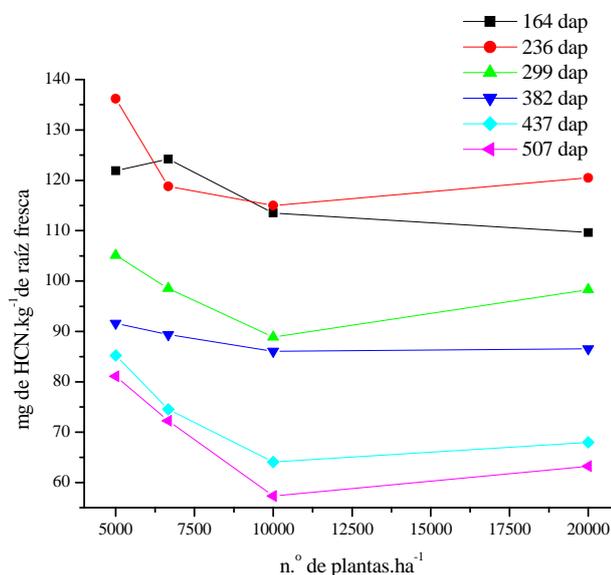
A redução linear mostrada na figura 21, pode estar relacionado ao crescimento das raízes no tempo com a conseqüente diluição do HCN formado anteriormente, como podemos observar nos aumentos na massa média de raízes na figura 18.

Os resultados dos teores de cianoglicosídeos em função das densidades de plantio estão na figura 22. Pode-se observar um pequeno efeito, embora significativo (tabela 27), do decréscimo destes teores à medida que aumentamos as densidades de plantio. Esta diferença pode ser observada principalmente entre as densidades de 5.000, 6.667 e 10.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, sendo que a partir de 10.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, ocorre uma pequena variação pouco sensível nos teores de HCN, sugerindo a constância destes a partir da densidades de 10.000 plantas.ha<sup>-1</sup>.

As alterações dos teores de HCN devido ao fator densidades são muito pequenas quando comparadas à variação devido às datas colheita. Assim pequenas diferenças devidas ao acaso, no estudo do efeito das densidades, tornam-se suficientemente grandes para sugerir uma dispersão aleatória dos dados não deixando claro possíveis tendências de regressão (figura 22).

Outro ponto importante a ser considerado é o do pequeno número de densidades avaliadas para os teores de cianoglicosídeos que conforme discutido foram reduzidos a quatro (figura 22).

Os teores de HCN no presente ensaio variaram dos extremos de 63,24 (menor valor observado) a 136,20 mg de eq.HCN.kg de raiz<sup>-1</sup> (maior valor observado), com uma variação de 72,96 mg de eq.HCN.kg de raiz<sup>-1</sup>. Os maiores teores foram encontrados nas colheitas mais precoces e nas menores densidades, enquanto que os menores teores foram observados nas colheitas mais tardias e nas maiores densidades. Todavia esta variação é bastante grande, o que demonstra a elevada instabilidade desta característica o cultivar IAC 576-70, como pode ser observada pela grande amplitude dos valores observados.



**Figura 22.** Conteúdo cianogênico, nas seis densidades de plantio em função das idades de colheita. Assis, SP, 2001/2002.

#### 4.4. Índice de colheita

A análise da variância para os efeitos de densidades e idades de colheita no índice de colheita é dada na tabela 29. Os fatores densidades e idades de colheita influenciaram de maneira altamente significativa o IC, sendo sua interação não significativa.

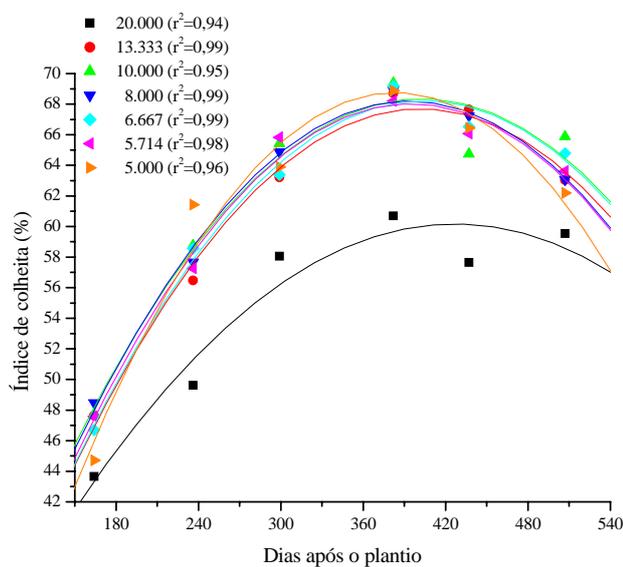
**Tabela 29.** Quadro da análise da variância e teste de F para o índice de colheita, segundo o modelo de parcelas sub-divididas.

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrados médios | F calculado        |
|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|--------------------|
| Colheitas (A)      | 5                  | 8081,2475          | 1616,2495        | 275,81 **          |
| Resíduo (a)        | 18                 | 105,4801           | 5,8600           |                    |
| Densidades (B)     | 6                  | 980,0565           | 163,3428         | 20,47 **           |
| Interação (AxB)    | 30                 | 290,5332           | 9,6844           | 1,29 <sup>ns</sup> |
| Resíduo (b)        | 108                | 810,6196           | 7,5057           |                    |
| <b>Total</b>       | <b>167</b>         | <b>10267,9369</b>  |                  |                    |

\*\* Significativo ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste de F.

<sup>ns</sup> Não significativo pelo teste de F.

A variação do IC em função da idade das plantas nas densidades populacionais estudadas pode ser observada na figura 23. As densidades entre 5.000 e 13.333 plantas.ha<sup>-1</sup> não apresentam variações perceptíveis nos ICs, como pode ser observado pela proximidade e sobreposição das curvas de resposta em todas as colheitas realizadas. Porém, na densidade de 20.000 plantas.ha<sup>-1</sup> observa-se diferença em relação as demais, com ICs bastante reduzidos em todas as épocas de colheita. Este comportamento sugere que os efeitos da competição espacial proporcionados pelo adensamento somente refletiram-se nos ICs nas densidades acima de 13.333 plantas.ha<sup>-1</sup>.



**Figura 23.** Índice de colheita e curvas de regressão segundo o modelo  $y = a + b x + b_1 x^2$ , nas seis densidades de plantio, em função das idades de colheita. Assis, SP, 2001/2002.

Os ICs também apresentam grandes variações em função das épocas de colheita (figura 23). Aumentam de forma bastante acentuada até a colheita realizada aos 382 dap, em função do elevado desenvolvimento das plantas até os 299 dap. A partir deste período, as plantas iniciam o encerramento do primeiro ciclo vegetativo, contribuído ainda mais para o aumento dos ICs, em função da derrubada das folhas e pecíolos

aumentando a massa proporcional de raízes, e, ainda pela a translocação dos açúcares para as raízes discutida anteriormente. Assim, em média o maior IC de 69 %, é obtido aos 382 dap por volta do mês de junho. A partir dos 437 dap pode-se perceber a redução dos ICs em função da drenagem de carboidratos das raízes para a emissão das novas brotações, com o início do segundo ciclo, que contribuí com o aumento da massa da parte aérea em detrimento das raízes (figura 23).

As variações temporais do IC são bem representadas pelo modelo de regressão polinomial do segundo grau, descrito pela de equação  $y = a + b x + b_1 x^2$  e seus coeficientes podem ser observados na tabela 30. Embora haja a redução dos ICs nas colheitas aos 437 e 507 dap pode-se observar os aumentos dos rendimentos de raízes por unidade de área nas duas últimas colheitas nas figuras 8 e 14, provenientes da retomada da acumulação de carboidratos nas raízes no segundo ciclo.

**Tabela 30.** Coeficientes da equação de regressão  $y = a + b x + b_1 x^2$ , para os índices de colheita nas densidades de plantio, avaliadas em função das idades de colheita.

| Densidades | Coeficientes da função $y = a + b x + b_1 x^2$ |                     |                      |       |
|------------|--|---------------------|----------------------|-------|
|            | a  | b                   | $b_1$                | $r^2$ |
| 20.000     | 15,71  | 2,08 <sup>-01</sup> | -2,44 <sup>-04</sup> | 0,94  |
| 13.333     | 8,25   | 2,96 <sup>-01</sup> | -3,69 <sup>-04</sup> | 0,99  |
| 10.000     | 10,88  | 2,86 <sup>-01</sup> | -3,55 <sup>-04</sup> | 0,95  |
| 8.000      | 8,69   | 3,03 <sup>-01</sup> | -3,85 <sup>-04</sup> | 0,99  |
| 6.667      | 8,14   | 2,97 <sup>-01</sup> | -3,68 <sup>-04</sup> | 0,99  |
| 5.714      | 7,61   | 3,06 <sup>-01</sup> | -3,89 <sup>-04</sup> | 0,98  |
| 5.000      | -8,52 <sup>-01</sup>                           | 3,63 <sup>-01</sup> | -4,74 <sup>-04</sup> | 0,96  |

De maneira geral, existem grandes variações nos ICs entre as diversos genótipos cultivadas (KAWANO, 1982), de forma que elevados ICs são desejáveis, pois demonstram a capacidade das raízes atraírem e acumularem em forma de amido os carboidratos produzidos pela parte aérea (ENYI, 1973; WILLIAMS, 1972).

Variações nas densidades de plantio podem alterar os índices de colheita, pois elevadas densidades de plantio, proporcionam elevado desenvolvimento da parte aérea, causando um acúmulo de assimilados nestas partes, que compete com o desenvolvimento das raízes tuberosas (BARROS et al., 1978; COCK et al., 1977; ENYI,

1973; WILLIAMS, 1972). Desta forma elevados ICs demonstram elevada capacidade de dreno das raízes e em função desta relação, permitem que tais genótipos sejam manejados em maiores densidades (COCK et al., 1977; WILLIAMS, 1972).

Baixas densidades de plantio permitem uma elevada produção de raízes por planta, porém o rendimento total por unidade tende a aumentar com o aumento das densidades (ENYI, 1972b; WILLIAMS, 1972). Desta forma, ao observarmos a produção total de raízes, temos as maiores produções obtidas na maior densidade (20.000 plantas.ha<sup>-1</sup>), que relacionam-se com os baixos ICs observados. Todavia, ao analisarmos a produção comercial, onde elevadas taxas de descarte ocorrem nas maiores densidades, os maiores rendimentos são obtidos com as menores densidades e maiores ICs, que demonstram no caso de raízes comerciais de mandioca de mesa, uma boa relação com a produtividade por unidade de área.

Os elevados ICs mostram-se de grande importância na escolha da variedade a ser cultivada e na seleção de genótipos de mandioca de mesa, pois além de relacionarem-se bem com os maiores rendimentos comerciais, permitem uma elevada qualidade da produção das raízes demonstrada anteriormente pelos elevados diâmetros e massa média das raízes produzidas. Assim podem fornecer aos agricultores maiores rendimentos econômicos em virtude da quantidade produzida e da qualidade da produção obtida.

## 5. CONCLUSÕES

1. A produção total de raízes aumenta com o incremento das densidades populacionais segundo modelo polinomial do segundo grau em todas as épocas de colheita avaliadas;
2. A produção de raízes comerciais de mandioca de mesa aumenta com a redução das densidades populacionais em todas as épocas de colheita avaliadas, proporcionando aumentos na massa média e diâmetro das raízes, diminuindo o descarte;
3. Baixas densidades populacionais possibilitam a produção de raízes comerciais precocemente;
4. Os teores de cianoglicosídeos nas raízes tuberosas apresentaram reduções lineares com o aumento do ciclo vegetativo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, M. A. Mandioca na Amazônia. Belém: M. I. SUDAM., 1969, 227p.
- ANDRADE, C. A. de B.; CORRÊA, H. Efeitos de espaçamentos, idades de colheita e anos de plantio na produção de raízes e ramas de duas cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). *Ciência e Prática*, Lavras, v. 15, n. 3, p. 262-275, 1991.
- BAÉZ, J.; ANTEQUERA, R.; RAMOS, J.; GUTIERREZ, W.; MEDRANO, C. Densidad de siembra y control de malezas en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en siembra directa bajo las condiciones de la planicie de Maracaibo. *Revista de la Facultad de Agronomía*, Maracaibo, v. 15, p. 429-438, 1998.
- BARROS, R. S.; MERCÊS, W. C. ALVIM, R. Sink strength and cassava productivity. *Hortscience*, Alexandria, v. 13, n. 14, p. 474-475, 1978.
- BOKANGA, M.; EKANAYAKE, J. I.; DIXON, A. G. O. Genotype-environmental interactions for cyanogenic potential in cassava. *Acta Horticulturae*, The Hague, n. 373, 1994.
- BOLHUIS, G. G. The toxicity of cassava roots. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, Wageningen, v. 2, n. 3, p. 176-185, 1954.
- BRUIJN, G. H. de. *Étude du caractère cyanogénétique du manioc (Manihot esculenta* Crantz). Wageningen, 1971. 140 p.
- BRUIJN, G. H. De. The cyanogenic carácter of cassava (*Manihot esculenta*). In: CHRONIC CASSAVA TOXICITY, 1973, London. *Proceedings...* Ottawa: International Development Research Centre, 1973. p. 43-48.
- CALATAYUD, P. A.; MÚNERA, D. F. Defensas naturales de la yuca a las plagas e artrópodos. In: OSPINA, B. CEBALLOS, H. *La yuca en el tercer milenio: sistemas*

modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. Cali: CIAT, 2002. p. 250-254.

CEAGESP (Companhia de entrepostos e Armazéns Gerais do Estado de São Paulo). Preços praticados no CEAGESP. São Paulo: 2003. Disponível em: <<http://www.ceagesp.com.br/cotação>>. Acesso em: 25 abr. 2003.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). Cassava program annual report. Colômbia: CIAT, 1987-1991.

COCK, J. H.; FRANKLIN, D.; SANDOVAL, G.; JURI, P. The ideal cassava planting for maximum yield. *Crop Science*, Madison, v. 19, p.271-279, 1979.

COCK, J. H.; WHOLEY, D.; CASAS O. G. de las. Effect of spacing on cassava (*Manihot esculenta*). *Experimental Agriculture*, Great Britain, v. 13, p. 289-299, 1977.

CONN, E. E. Cyanogenic glycosides: their occurrence, biosynthesis, and function. In: NESTEL, B.; MCINTYRE, R. (Eds). *Chronic cassava toxicity: proceedings of an interdisciplinary workshop*. Ottawa: International Development Research Centre, 1973. p. 55-63.

COOKE, R. D. Enzymatic assay for determining the cyanide content of cassava and cassava products. *Centro Internacional de Agricultura Tropical*, 05EC-6, 14 p. 1979.

CORREIA, F. A. Ácido cianídrico em algumas variedades de mandioca. *Bragantia*. Campinas, v. 7, n. 1, p. 15-22, 1947.

COURS, G. Le Manioc a Madagascar: Memories de l'Institut Scientifique de Madagascar. Madagascar, 1951. p. 203-400.( série b, tomo 3, fascículo 2)

COURSEY, D. G. Cassava as food: toxicity and technology. In: CHONIC CASSAVA TOXICITY, 1973, London. *Proceedings...* Ottawa: International Development Research Centre, 1973. p. 27-36.

DIAS, C. A. de C.; MARTINEZ, A. A. *Mandioca: Informações importantes*. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1986. 20 p. (Instruções práticas, n. 190).

ENYI, B. A. C. Effect of shoot number and time of planting on growth, development and yield of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Journal of Horticultural Science*, Sierra-Leone, v. 47, p. 457-456, 1972a.

ENYI, B. A. C. Growth rates of three cassava varieties (*Manihot esculenta* Crantz) under varying population densities. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, v. 81, p. 15-28, 1973.

ENYI, B. A. C. The effects of spacing on growth, development and yield of single and multi-shoot plants of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) II: physiological factors. *East African Agricultural and Forestry Journal*, Nairobi, v. 38, p. 27-34, 1972b.

ESSERS, A. J. A., BOSVELD, M., VAN DER GRIFT, R. M., VORAGEN, A. G. J. Studies on the quantification of specific cyanogens in cassava products and introduction of a new chromogen. *Journal Science Food*

- JONES, D. A. Why are so many food plants cyanogenic ?. *Phytochemistry*, London, v. 47, n. 2, p. 155-162, 1998.
- KAWANO, K. Mejoramiento genético de yuca para productividad. In: DOMÍNGUEZ, C. E. (Ed.) *Yuca: investigación, producción y utilización*. Cali: PNUD & CIAT, 1982. p. 91-112.
- LORENZI, J. O. *Mandioca*. Campinas: CATI, 2003. 110 p. (Boletim técnico, n. 245)
- LORENZI, J. O. Variação na qualidade culinária de mandioca. *Bragantia*, Campinas, v. 53, n. 1, p. 237-245, 1994.
- LORENZI, J. O.; DIAS, C. A. C. de. *Cultura da mandioca*. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1993. 41 p. (Boletim técnico, n. 211).
- LORENZI, J. O.; DIAS, D. M. *Mandioca (Manihot esculenta Crantz) como matéria prima na produção de álcool no Brasil*. Campinas: Instituto Agrônômico, 1980. 80 p. (Boletim técnico, n. 67).
- LORENZI, J. O.; ELIAS, R.; VALLE, T. L.; PERESSIN, V. A.; SCARPARE, J. A. filho. *Variedade de mandioca de mesa IAC 576-70*. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral CATI, 1984. 4 p. (Comunicado técnico, n. 80).
- LORENZI, J. O.; GALLO, J. R.; MALAVOLTA, E. Acumulação de matéria seca e macronutrientes por dois cultivares de mandioca. *Bragantia*, Campinas, v. 40, p. 144-156, 1981.
- LORENZI, J. O.; MONTEIRO, D. A. *A mandioca (Manihot esculenta Crantz.) como matéria prima para produção de etanol no Brasil*. Campinas: Instituto Agrônômico, 1980. 80p. (Boletim técnico, n. 67).
- LORENZI, J. O.; MONTEIRO, D. A.; MIRANDA FILHO, H.; RAIJ, B. Van. Raízes e tubérculos. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Eds.). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico; Fundação IAC, 1996. p. 221-229. (Boletim técnico, n. 100).

- LORENZI, J. O.; PEREIRA, A. S.; MONTEIRO, D. A.; RAMOS, M. T. B. Características agronômicas e culinárias de clones de mandioca. *Bragantia*, Campinas, v. 47, n. 2, p. 247-253, 1988.
- LORENZI, J. O.; RAMOS, M. T. B.; MONTEIRO, D. A.; VALLE, T. L.; GODOY JÚNIOR, G. Teor de ácido cianídrico em variedades de mandioca cultivadas em quintais do Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v. 52, n. 1, p. 1-5, 1993.
- LORENZI, J. O.; SAÉS, L. A.; SAKAI, M.; RIBEIRO, I. J.; LOURENÇÃO, A. L.; MONTEIRO, D. A.; PERESSIN, V. A.; GODOY, G. G. Avaliação de cultivares de mandioca de mesa no Vale do Ribeira (SP). *Bragantia*, Campinas, v. 55, n. 1, p. 141-146, 1996a.
- LORENZI, J. O.; VALLE, T. L.; MONTEIRO, D. A.; PERESSIN, V. A.; KANTHACK, R. A. D. *Variedades de mandioca para o Estado de São Paulo*. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996b. 23 p. (Boletim técnico, n. 162).
- MAHUNGU, N. M. Selection for improved root quality in cassava. In: HERSHEY, C. H. (Ed). *Cassava breeding: a multidisciplinary review*. 1987, Cali. *Proceedings...* Cali: CIAT, 1987. p. 89-103, 1987.
- MATTOS, P. L. P. de. Práticas culturais na cultura da mandioca. In: OTSUBO, A. A.; MERCANTE, F. M.; MARTINS, C. de S. (Eds.). *Aspectos do cultivo da mandioca em Mato Grosso do Sul*. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Campo Grande: UNIDERP, 2002. p. 127-146.
- MCMAHON, J. M.; WHITE, W. L. B.; SAYRE, R. T. Cyanogenesis in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Journal of Experimental Botany*, Oxford, v. 46, n. 288, p. 731-741, 1995.
- MICROCAL SOFTWARE CORPORATION. Microcal (TM) Origin [software]. 6.0. Northampton: 1991-1999. Disponível em: <<http://www.microcal.com>>. Acesso em: 03 jul. 2003.

- MONDARDO, E.; DIETRICH, R. C.; LAVINA, M. L. Efeito da densidade de plantio da mandioca na produção de raízes em solo Araranguá. *Agropecuária Catarinense*, Florianópolis, v. 8, n. 4, 1995.
- MYIA, E. E.; SILVA, S. D. da; PEREIRA, A. S.; SHIROSE, I.; ANGELUCCI, E. Avaliação químico-sensorial de novos cultivares de mandioca. *Coletânea do ITAL*, Campinas, v. 6, n. 1, p. 257-275, 1975.
- NORMANHA, E. S. Clima e terra para cultura da mandioca. *O Agrônomo*, Campinas, v. 1, p. 77-79, 1941.
- NORMANHA, E. S. Diferença entre mandioca brava e mansa. *O Agrônomo*, Campinas, v. 8, n. 7/8, p. 196, 1956.
- NORMANHA, E. S. O mau cozimento dos aipins: uma hipótese. *O Agrônomo*, Campinas, v. 40, n. 1, p. 13-14, 1988.
- NORMANHA, E. S.; PEREIRA A. S. Aspectos agronômicos da cultura da mandioca. *Bragantia*, Campinas, v. 10, n. 7, p. 179-202. 1950.
- NORMANHA, E. S.; PEREIRA A. S. *Instruções para a cultura da mandioca*. Campinas: Instituto Agrônomo, 1962. 28 p. (Boletim, n.124).
- NORMANHA, E. S.; PEREIRA, A. S. Instruções Práticas: cultura da mandioca. *O Agrônomo*, Campinas, v. 4, n. 38, p. 4-5, 1952.
- NORMANHA, E. S.; PEREIRA, A. S. Melhores épocas de plantio para mandioca. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, v. 23, n. 7-8, p. 237-248, 1948.
- O'BRIAN, G. M., TAYLOR, A. J., POULTER, N. H. Improved enzymic assay for cyanogens in fresh end processed cassava. *Journal Science Food Agriculture*, London, v. 56, n. 3, p. 277-289. 1991.
- OLIVEIRA, E. A. M. de. *Efeito da distribuição espacial e da arquitetura de plantas no comportamento vegetativo e produtivo de mandioca (Manihot esculanta Crantz)*. 1995. 62 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

- OLIVEIRA, E. A. M.; CÂMARA, G. M. S.; NOGUEIRA, M. C. S.; CINTRA, H. S. Efeito do espaçamento entre plantas e da arquitetura varietal no comportamento vegetativo e produtivo da mandioca. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 55, n. 2, p. 269-275, 1998.
- OTSUBO, A. A.; BITTENCOURT, P. H. F.; PEZARICO, C. R. *Mandioca de mesa*: aspectos de produção, comercialização e consumo em Dourados, MS. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2001. 36 p. (Documentos, n.36).
- PEREIRA, A. S.; LORENZI, J. O.; ABRAMIDES, E. *Competição de variedades de mandioca*. Campinas: Instituto Agrônômico, 1977. 7p. (Circular, n. 68).
- PEREIRA, A. S.; LORENZI, J. O.; VALLE, T. L. Avaliação do tempo de cozimento e padrão da massa cozida em mandiocas de mesa. *Revista Brasileira de Mandioca*, Cruz das Almas, v. 4, n. 1, p. 27-32. 1985.
- PEREIRA, A. S.; NERY, J. P.; CONAGIN, A. Teor de ácido cianídrico na polpa das raízes dos aipins. *Bragantia*, Campinas, v. 19, n. 17, p. 247-259, 1960.
- PEREIRA, A. S.; PINTO, M. G. Determinação da toxicidade da mandioca pelo paladar das raízes “*in natura*”. *Bragantia*, Campinas, v. 2, n. 2, p. 145-150, 1962.
- SAMPAIO, C. V.; CONCEIÇÃO, A. J. da. Espaçamento na cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). In: *Projeto mandioca*. Cruz das Almas: Universidade Federal da Bahia; Branscan Nordeste, 1975 p. 99-105. (série Pesquisa ano 2, n. 1)
- SANTOS, E. O.; BESSA, M.; LIMA, P. B. *Mandioca*: recomendações tecnológicas. Recife: Ipeani/Ipa/Sudene, 1972. 11p. (Circular, n. 18).
- SETZER, J. *Atlas climático e ecológico do Estado de São Paulo*. São Paulo: Comissão Interestadual da Bacia do Paraná - Uruguai, 1966. 61 p.
- SILVA, J. R. O programa de investigação sobre mandioca no Brasil. In: ENCONTRO DE ENGENHEIROS AGRÔNOMOS PESQUISADORES DE MANDIOCA DOS PAÍSES ANDINOS E DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1., 1970, São Paulo. *Trabalhos Apresentados...* Campinas: Instituto Agrônômico, 1970. p. 57-72.

SINHA, S. K.; NAIR, T. V. R. Studies on the variability of cyanogenic glucoside content in cassava tubers. *Indian Journal of Agricultural Science*, New Dehli, v. 38, n. 6, p. 958-963, 1968.

STATSOFT INC. CORPORATION. Statistica 6.0. Tulsa: 1984-2001. Disponível em: <<http://www.statsoft.com>>. Acesso em: 03 jul. 2003.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. *Principles and procedures of statistics: with special reference to the biological sciences*. New York: McGraw Hill, 1960. p. 481.

TAKAHASHI, M.; GONÇALO, S. *A cultura da mandioca*. Paranaíba: s.n., 2001. 88 p.

TAKAHASHI, M.; GUERINI, V. L. Espaçamento para a cultura da mandioca. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, v. 14, n. 4, p. 489-494, 1998.

TAKAHASHI, M.; FONSECA, N. da S. Jr.; TORRECILLAS, S. M. *Mandioca no Paraná: antes agora e sempre*. Curitiba: Instituto Agronômico do Paraná, 2002. 209 p. (Circular técnica, n.123).

TÁVORA, F. J. A. F.; QUEIROZ, G. M. de; PINHO, J. L. N. de; MELO, F. I. O. Comportamento de cultivares de mandioca com diferentes características foliares submetidas a diversas densidades populacionais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 17, n. 3, p. 417-431, 1982.

VALLE, T. L.; CARVALHO, C. R. L.; RAMOS, M. T. B.; MÜHLEM, G. S.; VILLELE, O, V. Conteúdo cianogênico em progênies de mandioca (*Manihot esculenta* ssp *esculenta*) originados do cruzamento de variedades mansas e bravas. *Bragantia*, Campinas. 200?. (no prelo)

WHEATLEY, C. C.; ORREGO, J. I.; SANCHES, T.; GRANADOS, E. Quality evaluation of cassava core collection as CIAT. In: ROCCA, W. M.; THORO, A. M. (Eds). In: *Proceedings of the first International Scientific Meeting of the Cassava Biotechnology Network*. Cartagena: CIAT, 1993. p. 255-254.

WILLIAMS, C. N. Growth and productivity of tapioca (*Manihot utilissima*): III. crop ratio, spacing and yielding. *Experimental Agriculture*, Great Britain, v. 8, p. 15-23, 1972.

WILLIAMS, C. N. Growth and productivity of tapioca (*Manihot utilissima*): IV. development and yield of tubers. *Experimental Agriculture*, Great Britain, v. 10, p. 9-16, 1974.

WILLIAMS, C. N.; GHAZALI, S. M. Growth and productivity of tapioca (*Manihot utilissima*): I. leaf characteristics and yield. *Experimental Agriculture*, Great Britain, v. 5, p. 183-194, 1969.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)